Georg Friedrich Brander und sein Werk

Von der Kgl. Technischen Hochschule zu München zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs) genehmigte Dissertation. Von Diplom-Ingenieur

:: CONRAD FRIEDRICH ::

Referent: Professor Dr. Max Schmidt
Korreferent: Professor Franz Kreuter

Selbstverlag des Verfassers

Druck der J. G. WEISS'schen Buchdruckerei (Josef Olbrich) München

Georg Friedrich Brander und sein Werk

Von der Kgl. Technischen Hochschule zu München zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs) genehmigte Dissertation. Von Diplom-Ingenieur

:: CONRAD FRIEDRICH ::

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Referent: Professor Dr. Max Schmidt
Korreferent: Professor Franz Kreuter

Selbstverlag des Verfassers
Druck der J. G. WEISS'schen Buchdruckerei (Josef Olbrich) München

Meinen Eltern.

Vorwort.

Bei Beginn meiner Arbeit legte ich mir die Frage vor: Warum forschen wir überhaupt historisch in den Ingenieurwissenschaften, wo sich doch jetzt die Neuerungen förmlich überstürzen?

Der allgemein sich aus neuen Erfindungen ergebende Wunsch nach Vollkommnerem läßt uns keine Zeit finden, die der heutigen Generation in ungewohnter Form gefaßten Abhandlungen über Veraltetes wieder reiflich zu durchdenken. Auf diese Weise fällt gar vieles, was in vergangenen Zeiten schon sorgfältig erprobt war, der Vergessenheit anheim und bietet uns heute auf's neue Schwierigkeiten, wo gar keine mehr zu finden wären.

Ferner werden uns die Konstruktionen moderner technischer Gebilde bei weitem leichter verständlich erscheinen, wenn wir durch die genaue Kenntnis des Veralteten völlige Klarheit darüber besitzen aus welchen Grundanfängen geistiger und konstruktiver Art das Neue hervorgegangen ist.

Aus diesen beiden Gründen: Einmal um Altes der Vergessenheit zu entreißen, zum Andren um mit größerer Klarheit Neues auf Altem aufbauen zu können, lohnt historische Arbeit in der Technik der Mühe.

Ich habe es mir nun zur Aufgabe gestellt, die in Briefwechseln, Veröffentlichungen und anderen Dokumenten niedergelegten Arbeiten des in seinem Schaffen äußerst fruchtbaren, berühmten Mechanikers Georg Friedrich Brander zusammenzustellen und so ein möglichst übersichtliches Bild von dem Lebenswerke dieses bedeutenden Mannes zu geben.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555412_0156

Ueberblick über Branders Leben.

Georg Friedrich Brander wurde am 28. November 1713 in Regensburg [1]) geboren. Sein Vater war Kaufmann und besaß daselbst eine Materialwarenhandlung. Es war der Wunsch seiner Eltern, daß er Kaufmann werden sollte, auch fing er zunächst an sich in diesem Beruf auszubilden. Alle seine freien Stunden verwendete er aber darauf sich in der praktischen Mechanik und Feldmeßkunst zu üben, und so suchte er sich zu seinem Verkehr hauptsächlich solche Menschen, die wie er an der Verfertigung und Benützung mechanischer Instrumente Gefallen fanden. Den günstigsten Boden zur Entwicklung seiner angeborenen Geschicklichkeit fand er zunächst im dortigen Schottenkloster, in dem damals außer anderen Gelehrten auch einige tüchtige Mathematiker lebten. Hier legte er den Grund zu seinen späteren allgemeinen Kenntnissen, lernte Lateinisch, Französisch, Englisch und die Anfangsgründe der Mathematik. Um ihn von seinen Neigungen zu gelehrten und praktischen Studien abzubringen und für den väterlichen Beruf zu gewinnen, wurde er nach Nürnberg, zu einem Geschäftsfreund seines Vaters, einem Kaufmann in die Lehre gegeben. Allein in dieser Stadt fand sein Geist weit mehr Nahrung als in seiner Heimat. Er war noch nicht lange hier anwesend, als sein Vater starb, so daß er nun ungehindert seinen Wissensdurst befriedigen konnte.

Jetzt studierte er mehrere Jahre auf der Universität Altdorf Mathematik und Naturwissenschaften und wurde in Nürnberg einer der bedeutendsten Schüler (1731) des berühmten Professors Johann Gabriel Doppelmayer.

Im Jahre 1734 kam er, 21 Jahre alt, nach Augsburg und scheint schon damals einen gewissen Ruf in der Verfertigung chirurgischer und kleiner mathematischer Instrumente gehabt zu haben. Auf Zureden verschiedener Freunde, die ihm nicht ohne Grund größeres Zutrauen, insbesondere auf Antrieb Peter von Osterwalds, späteren Geheimrat am bayrischen Hof, und Tobias Mayer, späteteren Professor an der Universität Göttingen (Beide wohnten mit Brander zusammen in einem kleinen Hause [2]) machte er sich hier ansässig. Sein Wissensdurst und die Überzeugung, daß bahnbrechende planmäßige Verbesserung der mathematischen Instrumente nur bei völliger Beherrschung der dazu nötigen Hilfswissenschaften möglich sei, ließen ihn die Freundschaft wissenschaftlich gebildeter Menschen suchen. So verkehrte er zunächst mit dem Bauamtsaktuar Haas, der durch seinen Vater gründliche mathematische und astronomische Kenntnisse erworben hatte. Mit dem von Paul v. Stetten sehr gerühmten Chr. H. Weng, Licentiat beider Rechte, der selbst gute Gläser, Fernrohre, optische Spiegel und dergleichen verfertigte, nahm Brander viele Versuche vor und erweiterte so sein Wissen fortgesetzt. Dennoch bestätigen alle seine Zeitgenossen, soweit sie über ihn schrieben, daß er seine großen Leistungen in erster Linie einem erstaunlichen Fleiß und seinem tiefen Nachdenken über die zu lösenden Probleme verdankte.

Große Dienste leistete ihm der gelehrte Bankier Josef von Halder, der ihn im Anfang seines Augsburger Aufenthalts unterstützte und das Brandersche Unternehmen mit Hilfe seiner ausgebreiteten Geschäftsverbindungen auch außerhalb Augsburgs bekannt machte. Den Dank der Stadt erwarb sich aber Halder nach Angabe P. v. Stettens dadurch, daß er einen Ruf, den Brander im Jahre 1740 nach Wien und Petersburg erhielt, hintertrieb und es verstand, ihn dauernd an Augsburg zu fesseln.

Schon im Jahre 1737 verfertigte Brander das erste Spiegeltelescop in Deutschland [3]). Eine in ihrer Ausführung und Konstruktion die Leistungen der damaligen Zeit weit überragende Luftpumpe, die er nach der Schweiz lieferte, brachte seinen Namen dort zu gutem Klang. Er trat hierdurch in freundschaftliche Beziehungen zu dem gelehrten Chorherrn Gessner, und seine in großer Anzahl an die physische Societät in Zürich gekommenen Instrumente sicherten ihm die Bewunderung der Schweizer Gelehrten.

---

[1]) Diese Angabe stammt aus Zapfs Augsburger Bibliotheken und P. v. Stetten Augsburger Kunst- und Handwerksgeschichte. Beide kannten Brander persönlich. Im Regensburger und Augsburger Stadtarchiv finden sich keine Angaben.

[2]) Wo dieses Haus in Augsburg stand, lässt sich nicht mehr feststellen. (Augsburger Stadtarchiv.)

[3]) Siehe Veith. Bibliotheca Augustana Alph. X. p. 10: Tam hoc ex voto cessit Nostro ut mox anno 1737 prima in Germaniae oris Telescopia confecerit.

Sein sich immer weiter verbreitender Ruhm, den er der Güte seiner Arbeiten verdankte, brachte ihm im Jahre 1753 erneute Anträge seinen Wohnsitz nach Petersburg und Paris zu verlegen, aber jetzt scheinen ihn andere Bande an Augsburg gefesselt zu haben, denn am 14. Februar 1754 vermählte er sich mit der Bürgerstochter Sabine Barbara Thenn.[1])

In diese Zeit fällt auch seine erste literarische Arbeit, eine kleine Abhandlung über Silbergewichtsverhältnisse. (Augsburg 1753.)

Als einer der Ersten wurde er zum auswärtigen Mitglied (Klasse II) der am 28. März 1759 vom Kurfürsten Max Josef gegründeten Akademie der Wissenschaften in München ernannt. Anläßlich des Empfanges der Ernennungsurkunde schrieb er am 2. Septembet 1759 an de Lori, den Sekretär der Akademie: „Euer Knaden Hochschätzendes vom 1. ds. nebst dem Diplomate habe gestern bestens überkommen. Gewis! Die hierdurch überkommene hohe Gnade bei einer so vornehmen als illustren Akademie recipirt zu seyn, sowohl als die gegen meiner geringen Person gnädigst bezeugte Affection bleibt bei mir in unverwestlichem Andenken, und wünschte nichts mehr als Ew. Gnaden zu überzeugen, daß ich den Wert derselben vollkommen erkenne.“ [2])

Im gleichen Jahre erwarb er das Haus D 203[3]), in das er jetzt auch sein Institut und seine Wohnung verlegte. Von 1759—61 hielt sich bei ihm Professor J. H. Lambert auf, mit dem er in steter Freundschaft und nach dessen Übersiedelung nach Berlin in einem äußerst fruchtbaren Briefwechsel blieb.[4]) Welch grosse Bescheidenheit und Lauterkeit des Charakters Brander geziert haben müssen, kann man aus seinem letzten Brief an Lambert vom 13. Mai 1776, ersehen. Er sagte da: „Auf Herrn Jezler bin ich neidig und über meine Lage unwillig, weil ich nicht eben das Glück haben kann, von Dero lehrreichen Stunden und Augenblicken etwas zu genießen deren Herr Jezler bey Ihnen theilhaftig wird. Dero unumgränztes Wissen und Einsichten legen allemal Stoff genug dar, um solche zu praktischen Werkzeugen zu verwenden und gemeinnütziger als die in verschiedenen Fächern schon bekannte, zu machen. Die Entfernung unsrer Wohnörter ist die grausame Scheidewand, welche hindert daß meine Wenigkeit mit der Ausführung ein und andern Einfalls noch nicht so weit gediehen ist, als es bereits schon wäre, wenn ich mündlich mich mit Euer Hochwohlgeboren unterhalten könnte.“

Nochmals erhielt Brander im Jahre 1760 den Antrag nach München unter den günstigsten Bedingungen überzusiedeln. Er schlug ihn aber mit der Begründung aus, daß er, wenn seine Anwesenheit in München erforderlich, jederzeit die kleine Reise unternehmen könne. (Akademische Briefe.)

Seit Anfang der 60er Jahre wurde sein Ruf, durch die Erfindung der Glasmikrometer und die seinem unerschöpflichen Ideenreichtum entspringenden steten Verbesserungen und Neuerfindungen geodätisch-astronomischer Instrumente, über die gesamte gelehrte Welt seiner Zeit verbreitet. Er trat in Briefwechsel mit Lambert, Cassini III., Dollond, Johann von Muschenbroek, Michael du Crest, Gessner, P. Caes. Ammann, Professor Goldhover und andren Gelehrten.

Von einer großen Anzahl seiner hervorragendsten Instrumente gab er allgemeinverständliche Beschreibungen mit Anweisungen zu ihrem Gebrauche heraus. Einmal versuchte er sich auf dem Gebiete der reinen Mathematik. In einer kleinen Schrift[5]) zeigte er, in welcher Weise mit zwei Zahlen (0 und 1) die vier Spezies, das Ziehen der Quadrat- und Kubikwurzeln auszuführen ist und empfiehlt diese sehr weitläufigen, aber einfachen Rechenmethoden weniger für die Anwendung im täglichen Leben, als für wissenschaftliche Zwecke.

Seine für die Arbeiten seines Instituts überaus stark beanspruchte Zeit, scheint ihn verhindert zu haben, auf diesem Gebiete mehr zu schaffen.

Auch andre Gelehrte, wie Lambert, Kästner, Bullinger, Amman, Pickel, Spengler und Meier in Heidelberg beschrieben Instrumente von ihm.[6]) In der von J. Tobias Mayer in Göttingen herausgegebenen praktischen Geometrie, wohl dem besten deutschen Lehrbuch der Geodäsie des 18. Jahrhunderts und in Dr. F. Meinerts Anfangsgründen der Feldmeßkunst sind fast alle geodätischen Instrumente Branders angeführt und wegen ihrer Güte zur Anschaffung empfohlen.

---

[1]) Vergl. Hochzeitsprotokoll, Stadtarchiv Augsburg: 1754. 14. Febr. S. 82 H. Gg. Friedr. Brander Mechanicus alhier, von Regensburg gebürthig, ledigen Stands, und Jgfr. Sabina, Barbara Thennin, hiesig, ist auf gehorsam. Ersuchen ein Consensschein erteilt worden. A. C. (Augsburger Konfession.)

[2]) Der Brief liegt in der K. Akademie der Wissenschaften in München. Briefe pro annis 1758 und 1759.

[3]) Stadtarchiv Augsburg. Grundbuch. Die Nummern sind bis heute so geblieben.

[4]) Lambert-Branderscher Briefwechsel 1765—1776. Es ist der III. Band von J. H. Lamberts Deutscher gelehrter Briefwechsel. Herausgegeben von J. Bernoulli. Berlin 1783.

[5]) G. F. Brander, Arithmetica binaria, das ist die Kunst, mit zwei Zahlen sicher und leicht zu rechnen. Augsburg 1769. 2. Auflage 1775.

[6]) Die Schriften dieser Gelehrten, in denen Brandersche Arbeiten beschrieben sind, habe ich teils bei Beschreibung der Teilungen und Optik, teils im Verzeichnis der von Brander verfertigten Instrumente aufgeführt.

Von seinen Instrumenten, die über die Sternwarten von ganz Europa verbreitet waren, auf Universitäten, in Klöstern und von Geodäten sehr geschätzt wurden, will ich hier nicht sprechen, weil davon viel ausführlicher in meiner Arbeit selbst die Rede sein wird.

Im Jahre 1775 wurde Branders Schwiegersohn [1]) Chr. Kaspar Hoeschel, der schon 15 Jahre in seinem Institut tätig war, Geschäftsteilhaber. Dieser hatte in seiner Jugend studiert (geb. 1744, gest. 1820 23. März) und war ein Nachkomme der berühmten Hoeschelius, die am Gymnasium St. Anna Meßkunst lehrten und zu den hervorragendsten Astronomen und Philologen ihrer Zeit gezählt wurden.

Im Jahre 1779 wurde Brander von der Dänischen Akademie der Wissenschaften für die beste Lösung der Preisfrage, die Distanzmessung ohne Latte betreffend, die goldene Medaille zuerkannt.

Herzog Karl Theodor von der Pfalz übersandte ihm für seine 1780 der Akademie der Wissenschaften in einer Handschrift bekannt gegebenen Teilmaschinen für geradlinige und Kreisteilungen, die er bis dahin als Geheimnis bewahrt hatte, ein ansehnliches Geschenk.

Dollond, der Brander hoch schätzte, verwies alle Personen, die für ihre Fernrohre Glasmikrometer suchten, selbst den König von England, an ihn.

Er war einer der ersten Stifter und Beförderer der im Jahre 1780 in Augsburg errichteten Gesellschaft zur Beförderung der Künste. Am 1. April 1783 starb Brander [2], betrauert von der gesamten gebildeten Welt seiner Zeit. Viele wissenschaftliche Zeitschriften widmeten ihm Nachrufe. Die Akademie der Wissenschaften in München ehrte ihn durch Aufnahme seines Bildes in den Festsaal, woselbst es sich, wohl das einzige vorhandene Portrait von ihm, noch jetzt befindet.

Nach seinem Tode leitete Ch. C. Hoeschel das Institut selbständig im Banderschen Geiste weiter. Er beschrieb die neu entstandenen Instrumente, bildete seine Teilmaschinen weiter aus und hielt das Institut bis zum Auftreten Reichenbachs auf der alten Höhe. Im Jahre 1820 starb Hoeschel, und das Geschäft ging in die Hände seines Sohnes Ch. C. Hoeschel, der es 1822 oder 23 nach dem Hause A 104 Maximiliansplatz und 1842 nach A 438 bei St. Ursula verlegte. Noch im Adreßbuch von 1844 wird er als ein mechanischer Instrumentenmacher angeführt. Im Adreßbuch von 1846 ist Ch. C. Hoeschel ein „blasender Instrumentenmacher", was bis zu Anfang der 50er Jahre zu lesen ist. Hierauf verschwindet der Name völlig.

Das Verdienst, in unserer Zeit wieder auf die Bedeutung Branders [3]) hingewiesen zu haben, gebührt Herrn Professor Dr. Max Schmidt, dem auch ich an dieser Stelle für die Anregung und Ratschläge zu dieser Arbeit meinen ergebensten Dank ausspreche.

Die Mikrometer auf Glas.

Eine der vornehmsten Erfindungen Branders sind seine Glasmikrometer. Schon de la Hire erkannte die den damals gebräuchlichen Schrauben- und Fadenmikrometern anhaftenden Mängel und schlug vor, sie durch ein Stück weißes Spiegelglas zu ersetzen, auf das mit einem Diamanten zarte Linien gezogen waren.[4]) Professor Tobias Mayer in Göttingen verfertigte ein Mikrometer in Form einer Skala auf Glas und befestigte dies dann im Brennpunkt seines astronomischen Fernrohrs. Die Teilstriche der Mayerschen Mikrometer, die mit Tusche verzeichnet waren, erhielten aber selten gleich große Abstände, so daß bei Anwendung dieser Scalen eine mit großer Mühe zu verfertigende Berichtigungstafel für jedes Mikrometer hergestellt werden mußte. Er beschreibt sein Herstellungsverfahren in den Nachrichten und Sammlungen der cosmographischen Gesellschaft aus dem Jahre 1748 und verweist da auf den Nutzen seiner Mikrometer bei astronomischen Beobachtungen. Diese Abhandlung ist ferner auch als erste Beilage in den Lambertschen Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer abgedruckt.

[1]) S. Augsburger Hochzeitsamtsprotokoll vom 9. November 1774. S. 455. Herr Ch. C. Hoeschel Mechanicus, und Jgfr. Barb. Euphrosina Brander. A. C.

[2]) Dieses Todesdatum wird von den zuverlässigsten Biographen angegeben. Aus den Kirchenbüchern von St. Anna, St. Ulrich und Hl. Kreuz, denn diese kämen in Frage, weil Brander und seine Nachkommen in diesen drei Kirchengemeinden Häuser besaßen, war über Geburts- und Todesdatum nichts Urkundliches zu erfahren, weil die Kirchenbücher nicht so weit zurückreichen. Auch das Stadtarchiv besitzt keine Angaben darüber.

[3]) Siehe Zeitschrift für Vermessungswesen. XXII. Band. 1893. Mensula Praetoriana, Vortrag gehalten am 9. März 1893 in der Versammlung des oberbayerischen Architekten- und Ingenieurvereins. Ferner: Bauernfeind, Vermessungskunde. 7. Auflage. § 67. Mikrometer.

[4]) Siehe Bions mathematische Werkschule. Nürnberg 1741. VI. Buch. 2. Kap. S. 247.

Auch spricht er in seiner Abhandlung den Gedanken aus, die Teilungen mittels eines Diamanten oder Feuersteins auf Glas einzuritzen, befürchtet aber, die Linien möchten unrein ausfallen, weil das Glas nach den Seiten ausbräche. Brander gelang es nun, die hierbei vorliegenden großen praktischen Schwierigkeiten durch fortgesetzte Übung zu überwinden, so daß er schon anfangs der 60er Jahre des 18. Jahrhunderts in der Lage war eine Linie des Pariser Zolls = 2,25 mm vermittels seiner geradlinigen Teilmaschine in 10 Teile zu teilen. Die Linien wurden hierbei mit der Hand gezogen, trotzdem betrug ihre Breite nur $^1/_{200}$‴ = 0,0112 mm, ja, nach Branderschen Angaben in Lambert's Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer S. 68 sogar $^1/_{300}$ einer Duodezimallinie eines Pariser Zolls = 0,0075 mm. Nach Branders Tod gelang es seinem Schwiegersohn Hoeschel mit seiner mit einer vorzüglichen Schraube versehenen Teilmaschine für den Ritter Thompson eine Mikrometerscala zu verfertigen, auf der der Pariser Zoll in 1000 dem Auge noch sichtbare Teile geteilt war, so daß also ein Zwischenraum, abgesehen von der Dicke der Striche, 0,027 mm betrug.

Die fortgesetzte Herstellung solch feiner Teilungen war für Branders Sehkraft äußert nachtreilig, so schreibt er in dieser Angelegenheiten am 16. Mai 1772 an Professor Lambert: „Mein Gesicht ist außerordentlich lang und wird es noch immer mehr wegen der scharfen Glasteilungen, wobei ich mich zu noch schärferen Brillen gewöhnen muß. Denn meine ordinären Brillen, deren ich mich bediene, sind schon 6 Zoll Brennweite und ohne dies bin ich nicht im Stande ein Wort zu lesen wohl aber auf 15 20 Schuh weit enfernt."

Je nach ihrem Gebrauche waren die Branderschen Mikrometer verschieden beschaffen. Für Mikroskope bestanden sie aus einem quadratischen Gitter, bei Fernrohren für Sonnenbeobachtungen aus 4 sich rechtwinkelig kreuzenden Linien, so daß in dem in der Mitte frei bleibenden Quadrate die Sonne eingeschlossen wurde. Ferner verfertigte er für Fernrohre einfache Fadenkreuze, auf denen sich zwei oder drei Linien im Mittelpunkt schnitten, und Skalen die $^1/_4$, $^1/_2$ oder ganze Minuten, oder auch in $^1/_4$, $^1/_{10}$ Linien eines Zolls oder sonst beliebig bestellte Teile geteilt waren.

Die häufigste Anwendung fanden sie bei Fernrohren und Spiegelteleskopen, weil sie durch die Feinheit ihrer Linien gestatteten, Winkel bis zu für damalige Zeiten nie gedachter Genauigkeit zu messen.

So gibt de la Laude den Durchmesser eines damals im Fadenkreuz verwendeten Fadens zu $^1/_{50}$‴ = 0,0451 mm an. Befindet sich dieses Fadenkreuz in einem Fernrohr von 1 par. Schuh = 0,3248 m Objektivbrennweite, so bedeckt ein solcher Faden einen Winkel von 10 Sec., während die Brandersche auf Glas geritzte Linie, ihre Stärke zu $^1/_{200}$‴ = 0,011 mm angenommen, in diesem Fernrohr einen Winkel von 2,5 Sek. bedeckt.

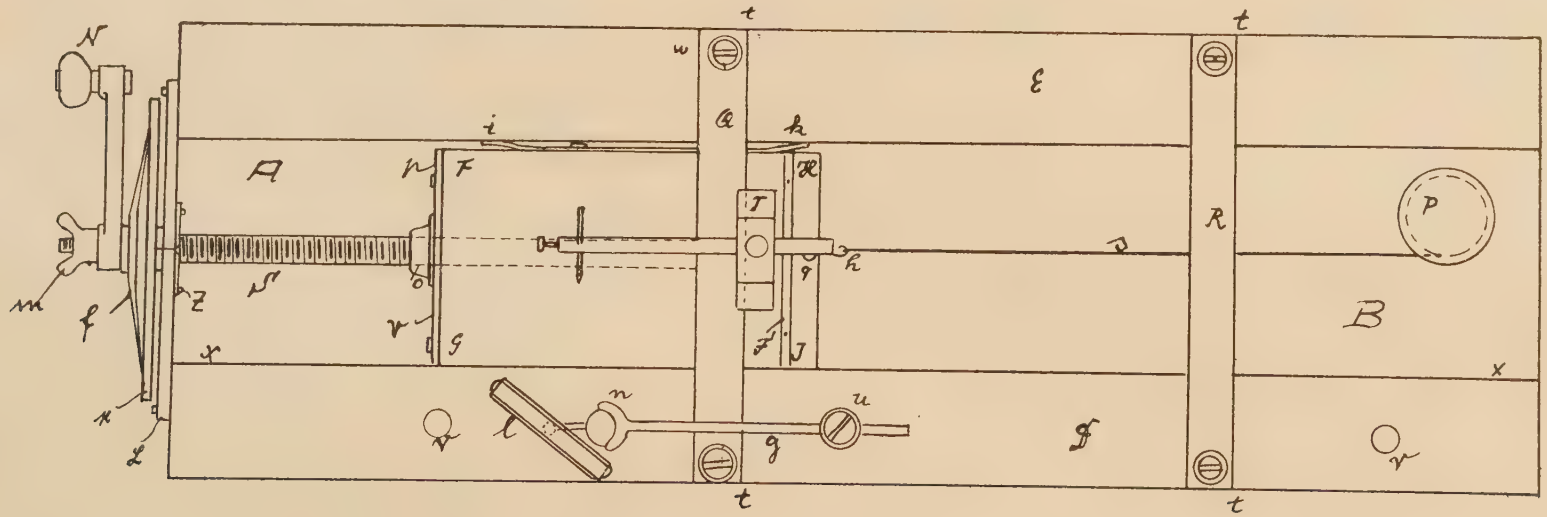
Es dürfte wohl von allgemeinem Interesse sein zu erfahren, welcher Kunstgriffe und Werkzeuge sich Brander zur Herstellung seiner Teilungen auf Glas und Metall bedient hat. Aus Professor J. L. Spät's Abhandlung über die Genauigkeit, mit der ein Mauerquadrant nach Birds und Branders Methode geteilt werden kann, wußte ich, daß er noch kurz vor seinem Tode der Akademie der Wissenschaften in einer handschriftlichen Abhandlung, die bis dahin als Geheimnis bewahrte Methode, seine Glasteilungen zu verfertigen, mitgeteilt hatte. Ich durchsuchte alles handschriftliche Material der Akademie vergebens; auch im Reichsarchiv waren meine Nachforschungen erfolglos. Schließlich, nach langem Bemühen fand ich sie in vorzüglicher Verfassung in der Handschriftensammlung der königlichen Staatsbibliothek.[1]) Sie war dem Herzog Karl Theodor von der Pfalz überreicht worden und dann in die Bibliothek zu Mannheim gekommen. Von da ist sie bei Übersiedelung der pfälzer Linie an die Staatsbibliothek überführt worden.

Brander sagt daselbst im Vorwort: „Schon im Jahre 1758 hatte ich die Maschine zur Zirkel- und Bogenteilung und schon im Jahre 1761 eine andere Maschine zu den geradlinigen Teilungen erfunden; schon damals würde ich sie bekannt gemacht haben, wenn ich nur einen großmütigen Karl Theodor gefunden hätte, der mich der Schadloshaltung über einen meiner ersten und wichtigsten Nahrungsartikuln allergnädigst versichert hätte."

Da Brander die zu Mikrometern gebräuchlichen Stoffe: Silberdraht, Seidenraupenfäden, Spinnweben und aus dem Saft der Aloeblätter gezogene Fäden teils zu dick, teils zu unhaltbar fand, so versuchte er, die sich kreuzenden Fäden auf Glas herzustellen. Zunächst riß er sie mit einem Diamanten ins Glas, doch erschienen sie, durch das Okular stark vergrößert, nicht nur grob, sondern auch sehr ausgefranzt und, was sie ganz unbrauchbar machte, durchsichtig. Hierauf versuchte er seinen Zweck mit Flintenstein, aus dem er sich sehr feine Nadeln schleifen ließ, zu erreichen. Der Erfolg war ein besserer, doch schliffen sich diese Nadeln zu schnell ab. So griff er wieder zu den Diamanten, denen er eine andere Form gab. Es waren kleine Splitter in Form eines sehr spitzigen gleichschenkeligen Dreiecks, die die Diamantenschleifer Finalport oder Finalgut nannten, und von denen erst eine ziemliche Anzahl einen Karat wogen. Durch einen Goldarbeiter ließ er die mit einer Lupe ausgesuchten Splitter, die er für geeignet hielt, in dünne Kupferdrähte fassen, so daß die Spitze frei blieb. Die so gefaßten Diamantsplitter wurden nun in einen Halter (Streichmodul) eingeschraubt und zuerst ausprobiert, an welcher Kante sie am besten und gleichmäßigsten zu gebrauchen waren.

[1]) Die deutschen Handschriften der kgl. Hof- und Staatsbibliothek in München. G. F. Brander, Beschreibung der verschiedenen Teilungsmethoden auf Glas vom Jahre 1780. Folio. 50 Blatt mit vier Tuschzeichnungen. Cod. Germ. Nr. 3787. Sie ist nicht gedruckt worden.

Abb. 1.



Der Diamant sollte keinesfalls das Glas einschneiden oder ritzen, sondern nur von der polierten Oberfläche eine zarte Linie wegschaben, die matt und absolut undurchsichtig sein mußte, denn sobald der Edelstein schnitt, nicht schabte, wurden die Linien, ins Fernrohr eingebracht, durchsichtig.

Tat ein Diamant diesen Dienst, so bewahrte er ihn für diese Glassorte auf. Ein andrer der vielleicht hier nicht tauglich war, konnte auf härterem oder weicherem Glas sehr gut zu gebrauchen sein. — Einmal ausprobiert, blieb er für alle Zeit in seiner Fassung. — Diamanten, die auch beim leisesten Hingleiten über das Glas nicht schabten, sondern schnitten, fanden bei Teilung solcher Skalen (Nonien, Glasmaßstäbe) die nicht in optische Instrumente eingesetzt wurden, Verwendung. Brander sagte hier, daß bei Handhabung dieser Diamanten zuletzt alles auf den Grad des Gefühls der Hand ankomme, und daß dies Gefühl eben nur durch lange, unermüdliche Übung erlernt werden müsse.

Das zu seinen Teilungen verwendete Glas war absolut blasenfreies, böhmisches, leicht azurgrünes Spiegelglas. Die möglichst farblosen Stücke, von nicht allzugroßer Dicke bevorzugte Brander hierbei. Das Glas mußte besonders sorgfältige Politur besitzen, weil sonst vom Schleifen mikroskopisch kleine, mit Sand gefüllte Gruben zurück blieben, in die beim Drübergleiten der Diamant mit seiner außerordentlich zarten Spitze hineinfiel, so daß der Strich rauh und ausgebrochen erschien. Um Doppelbilder und Verzerrungen zu vermeiden, untersuchte er das Spiegelglas genau auf gleiche Stärke. Hierzu nahm er das Glasstück in beide Hände und stellte sich mit dem Rücken gegen ein Fenster, so daß er es wie in einem Spiegel auf der Glasscheibe sah. Hierauf wählte er sich eine Glasfassung des Fensters und ließ sie von einem Ende des Glases zum andern in gleicher Richtung vorbeigehen. Behielt er nun durchgehends von der Sprosse ein gleich scharfes und breites Bild, so war das Glas an all den Stellen, die das Bild passiert hatte, brauchbar. Kamen Stellen vor, an denen das Bild breiter erschien, so bezeichnete er sie mit Tusche. Zeigte sich aber das zweite Bild sogar in einem Abstand vom Hauptbild, so verwarf er das ganze Glas.

Beschreibung der Branderschen Maschine zu gradlinigen Teilungen.

Diese Maschine war seine ureigenste Erfindung. Sie ermöglichte ihm, die von allen Gelehrten seiner Zeit bewunderten Glasmikrometer zu teilen. Sie zeichnete sich durch große Einfachheit aus, so daß die Leistungsfähigkeit dieser Maschie nur von der Güte der dabei verwendeten Schraube und Schraubenmutter bedingt wurde. Die mit ihr erzielten Resultate geben uns einen Maßstab für die außerordentliche Güte der von ihm verfertigten Schrauben. Es ist sehr zu bedauern, daß sich gar keine Aufzeichnungen von ihm vorfinden, in denen er seine Erfahrungen, die er bei seinen steten Bemühungen um die Verbesserung dieses so wichtigen Konstruktionsgliedes gesammelt hat, niedergelegt hätte. In seiner Handschrift sagt er, daß er über die Schrauben ein starkes Kapitel schreiben könnte, doch ließ ihn der Tod nicht mehr zur Verwirklichung dieses Planes kommen.

(Abb. 1.) Die Maschine bestand aus einem Brett aus Nußbaumholz A B, auf dem die beiden Leisten D und E festgeschraubt waren. In dem in der Mitte frei bleibenden Raum befand sich ein hölzerner Schlitten F, G, J, H, der ungefähr 4,5 mm niedriger als die Leisten E und D war. Die am Schlitten festgeschraubte Feder i k sorgte dafür, daß er ständig gegen die Leiste D gedrückt wurde. An der Hirnseite der Leisten D und E war die messingne Platte L befesigt, in welcher die Mikrometerschraube S gelagert war, deren Ganghöhe 0,75 mm betrug. (36 Gänge auf 1 paris. Zoll.) Auf das hervorstehende Schraubenende war die in 100 gleiche Teile geteilte Scheibe M, die Feder f und die Kurbel N aufgesteckt. Alle drei Teile wurden durch die Lappenmutter m so aneinander gedrückt, daß sie sich gemeinsam drehten, sich aber auch nach Lüften der Mutter m jeder für sich drehen ließen. Der an der Platte L befestigte Zeiger Z stand mit seiner Spitze über der Teilung der Scheibe M und ermöglichte so das Ablesen von $^1/_{100}$ Umdrehungen, was einer Schlittenverschiebung von 0,0075 mm entsprach. Auf dem Schlitten war eine dünne Messingplatte F genau parallel mit der Platte Q befestigt, die bei Herstellung der Mikrometerteilungen als Anschlagleiste diente. An der einen Schmalseite des Schlittens befand sich die Messinglatte p r, die in ihrer Mitte die Schraubenmutter o trug. Von hier aus war durch den Schlitten in seiner ganzen Länge ein Loch gebohrt, in dem sich die Schraube S frei bewegen konnte. Am andren Ende dieses Loches war bei q ein Stift eingesteckt, an dem wiederum ein Haken h befestigt war. An ihm war die Darmsaite s angeknüpft, die durch das Federhaus P den Schlitten in ständigem Zug hielt, damit jeglicher toter Gang der Schraube S vermieden wurde. Auf die Leisten D und E waren die beiden stählernen Lineale Q und R so aufgeschraubt, daß ihre Kanten t t genau parallel zueinander und senkrecht zur Kante x x waren. Der Abstand der beiden Lineale war etwas größer als die Länge der Mikrometerschraube S. Wenn nun bei langen Skalen (dioptr. Sector) die Schraube ein weiteres Teilen nicht mehr gestattete,

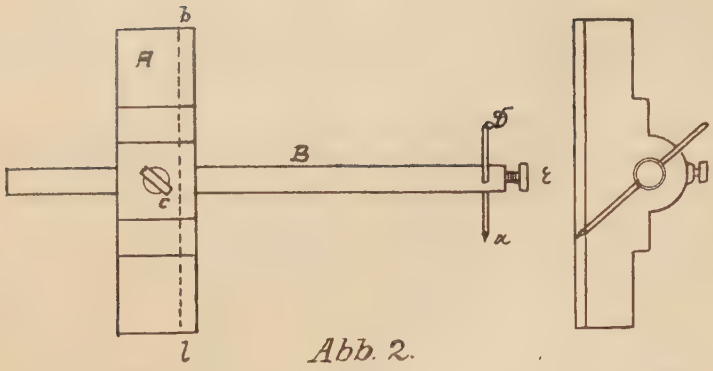


Abb. 2.

so wurde der Streichmodul T auf das zweite stählerne Lineal gebracht und mittels der Kurbel N der Schlitten so lange verschoben, bis der letzte gezogene Strich mit der Diamantspitze zusammen fiel. Hierauf konnte das Teilgeschäft fortgesetzt werden. Dieses von Brander „Streichmodul" genannte Instrument bestand aus einem mit einer Fase b b versehenen Teil A in dem ein Stift B steckte, der mit der Schraube C festgehalten werden konnte. Durch B wurde der den Diamanten a haltende Draht D gesteckt. Wurden die Teilungen auf Metall ausgeführt, so war D ein gut gehärteter Stahlstift. War einmal durch Drehen von D die Stelle gefunden, an der der Diamant schnitt, so verblieb er für alle Zeiten in seiner Anrichtung A. Auch höher oder tiefer wurde der Stift nicht mehr gestellt. Die Lupe l war in dem Kugelgelenk n drehbar, durch die Stange g in u verschiebbar angeordnet, so dass ihr jede gewünschte Lage gegeben werden konnte. Je nach der Stellung des Schlittens sind für den Lupenhalter u die Löcher v in der Leiste D gebohrt. Die zu teilenden Mikrometer wurden in eine messingne Platte, die ein möglichst vollkommenes Quadrat darstellte und genau konzentrisch ausgedreht war, wie die Figur zeigt, eingelegt. Der Durchmesser der Vertiefung betrug 1 par. Zoll. Für kleinere Gläser hatte Brander eine Anzahl runde Platten, die genau in die Vertiefung a b passten. Die zu teilenden Gläser wurden mit Klebewachs auf a b befestigt. Sollten nun zwei sich rechtwinkelig kreuzende Linien auf dem Glas gezogen werden, so wurde, nachdem die eine Linie genau durch die Mitte gelegt war, das Quadrat mit der andren Seite an die Anschlagleiste F gedrückt und durch die mittels der Schraube S und Teilscheibe M genau zu bestimmende Mitte, die zweite zur ersten senkrechten Linie gezogen. Bei Mikrometern, deren Teilungen zwischen zwei Teilstrichen herliefen, bediente sich Brander noch eines Kunstgriffs um die geschabten, kaum sichtbaren Linien deutlicher zu sehen. Ehe er die Arbeit begann, überzog er die zu teilende Seite mit einer Farbe, die aus geschlämmtem caput mortuum bestand, das in Wasser gelöst war, so daß es noch gut aus einer Reißfeder floß. Zur Herstellung des Überzugs bediente er sich eines Pinsels aus Fischotterhaaren, mit dem er nur flüchtig über das Glas fuhr. Zeigte das Glas nach dem Trocknen keinen Glanz, so war es zur Teilung zu gebrauchen. Brander führt in seiner Handschrift von jeder Art seiner Mikrometer, die alle auf der Umrahmung des Titelblattes mit großer Feinheit aufgezeichnet sind, ihre Teilmethoden vor. Ich werde der Kürze halber nur ein Beispiel angeben.

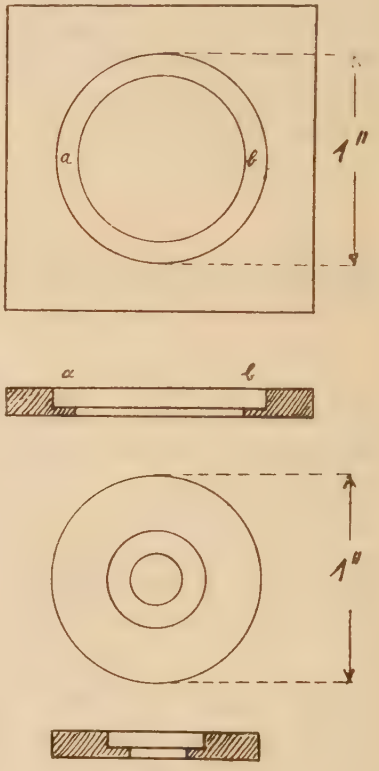


Abb. 3.

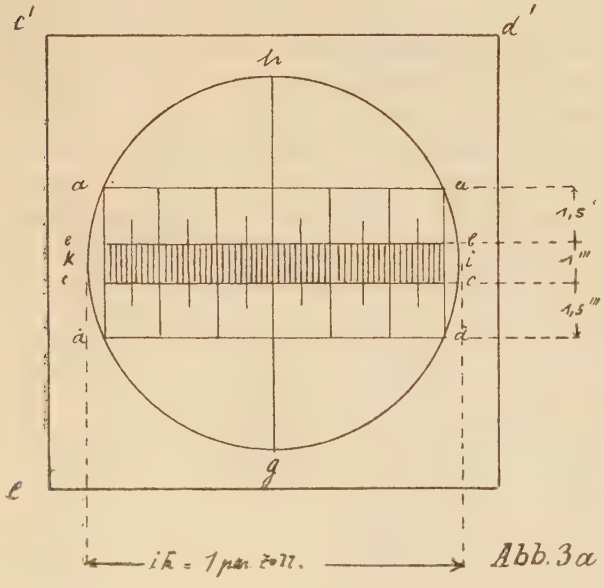


Abb. 3a

In ein astronomisches Fernrohr, dessen Objektivbrennweite $3' = 4320^{IV} = 0{,}974$m beträgt, wird ein Mikrometer verlangt, das in 60 Teile zerlegt ist, wovon jeder eine Minute betrage. Wenn $^{36}/_{100}$ Umdrehungen der Scheibe M gemacht werden, so ist der Schlitten der Teilmaschine um $^{36}/_{100} \cdot {}^{1}/_{36} = {}^{1}/_{100}$ Zoll $= 0{,}27$ mm vorgerückt. (Ganghöhe der Schraube $S = {}^{1}/_{36}$ Zoll). Für unser Objektiv entspricht auf dem Mikrometer die Länge 3 Schuh . tg $1' = 0{,}0104$ Zoll $=$ 0,28 mm dem Gesichtswinkel von 1 Minute. Der Vergleich beider Zahlen $^{1}/_{100}{}'' = 0{,}27$ mm und $3' \cdot \text{tg}\, 1' = 0{,}28$ mm ergibt, daß $^{36}/_{100}$ Umdrehungen der Schraube dem Gesichtswinkel von 1 Minute entsprechen. Zuerst wurden nun die vier Linien a, b, c, d gezogen, deren Entfernungen voneinander a b $=$ 1,5 Lin $=$ d c und b c $= 1$ Lin betrugen. Hierzu ließ er die Seite c' d' des Quadrates genau an dem messingenen

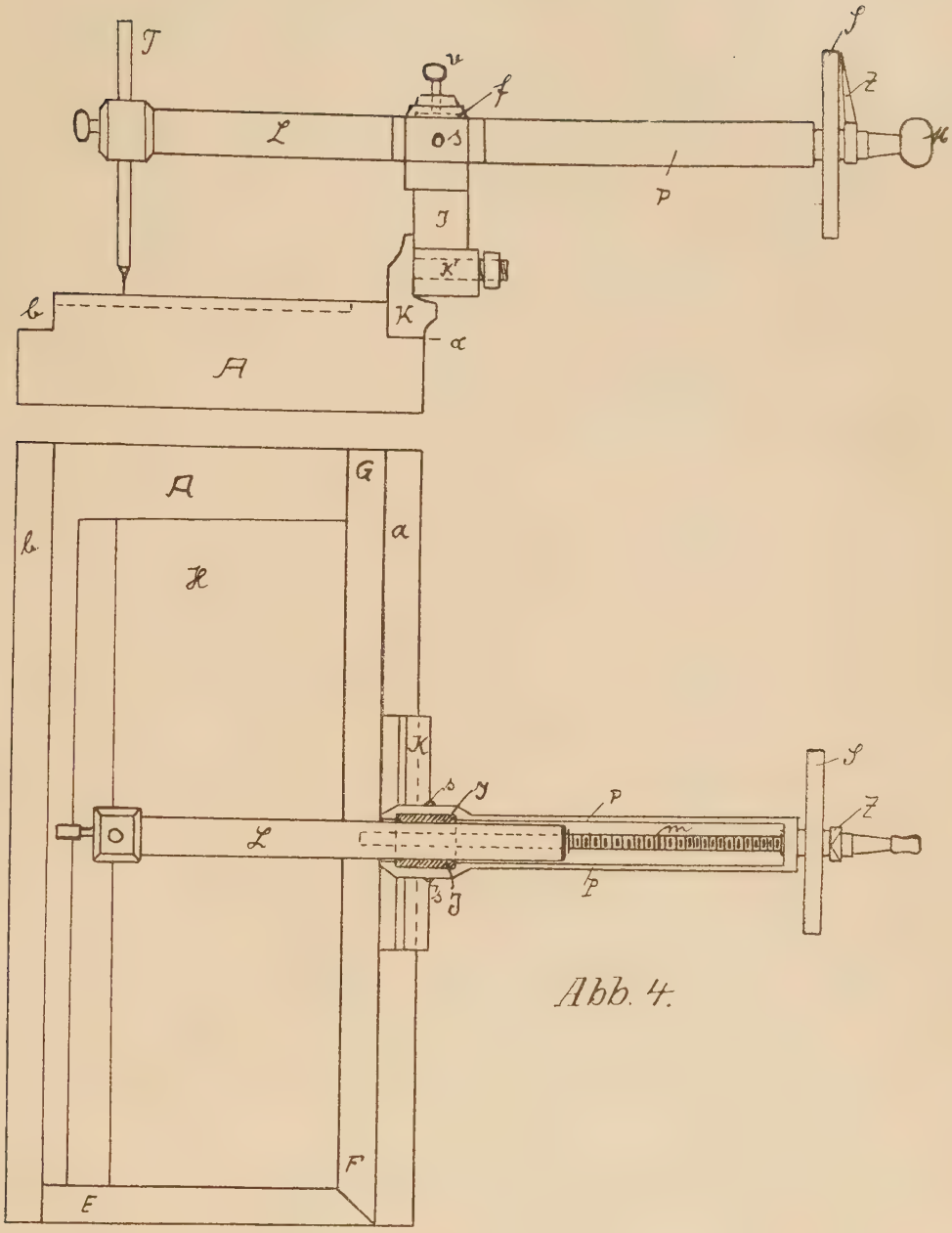


Abb. 4.

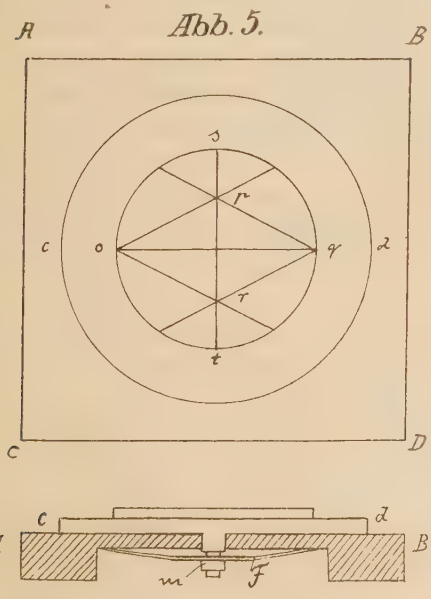
Lineal F des Schlittens (siehe Abb. 1) anliegen und brachte die Spitze des Diamanten bei h an die Peripherie des zu teilenden Mikrometers, und den Zeiger Z auf den Teilstrich 0 oder 100 der Scheibe M. Hierauf wurden genau zwölf Schraubenumdrehungen ausgeführt, wodurch der Schlitten um 4 Linien verschoben wurde. Jetzt wurde der Strich a a geschabt. Nach abermals $4\,^{50}/_{100}$ Umdrehungen machte er den Strich b b, darauf nach drei Umdrehungen c c, nach nochmals $4\,^{50}/_{100}$ Revolutionen d d. Zur Prüfung mußte nach noch zwölf Umdrehungen der Diamant genau über dem Peripheriepunkt g stehen. Bis jetzt war das Quadrat mit der Hand an die Leiste F gedrückt worden, zu dem nun folgenden Teilgeschäft wurde das Quadrat mit der Leiste c′ e an die Anschlagleiste F gebracht und mit Klebewachs auf dem Schlitten befestigt.

Da nun $^{36}/_{100}$ Schraubenumdrehungen 1 Minute entsprachen, so brauchte man zu einem Grad $^{36}/_{100} \cdot 60 = {}^{2160}/_{100} = 21\,^{60}/_{100}$ Umdrehungen, also blieben für den Raum links und rechts $36 - 21\,^{60}/_{100} = 14\,^{40}/_{100}$ also für jede Seite $7\,^{10}/_{100}$ Umdrehungen übrig. Jetzt wurde nun die Diamantspitze auf k eingestellt und die Teilscheibe M in die Nullstellung gebracht. Hierauf machte man $7\,^{20}/_{100}$ Umdrehungen und schabte den 1. Strich über das ganze Glas. Nach jedesmal $^{36}/_{100}$ Revolutionen wurde ein Strich b b und c c gezogen. Jeder fünfte Strich ging auf beiden Seiten etwas weiter hinaus, jeder zehnte bis zu den Linien a a, d d, der 30. und 60. lief wieder über das ganze Glas. — Wurden von Brander Mikrometer für Fernrohre, die viel geringere Objektivbrennweiten hatten, verlangt, die aber noch immer Gesichtswinkel bis zu einer Minute angeben sollten, so ergaben sich die Strichabstände viel enger, und er griff dann dazu, zwei Skalen zu beiden Seiten des Glasdurchmessers anzubringen, von denen die eine die geraden, die andere die ungeraden Minuten anzeigte, so daß die Striche der einen Skala, verlängert, genau zwischen die der anderen zu liegen kamen. Wollte Brander die langen, durchlaufenden Linien der Maßstäbe und Glasmikrometer des dioptrischen Sectors, Spiegelsextanten und des Distanzmeßfernrohrs mit erweitertem Gesichtsfeld usw. auftragen, so gebrauchte er eine andere Vorrichtung. (Abb. 4.)

Das aus hartem Holz hergestellte Brett A, dessen Länge je nach der Länge der herzustellenden Skala verschieden war, war an beiden Längseiten mit Falzen a und b versehen, deren Vertikalebenen genau parallel zueinander sein mußten. Die beiden, einen rechten Winkel bildenden Seiten E, F, G dienten dem zu teilenden Glase H als Anschlagleisten. Der hierzu nötige Streichmodul war zusammengesetzter als der bei der kreis- und geradlinigen Teilmaschine verwendete.

Auf dem Zapfen k′ des Läufers K war das Stück J aufgesteckt, wodurch dem Streichmodul eine beliebige Neigung gegeben werden konnte. An das sich an seinem oberen Ende teilende Stück J waren mittels der Schraube s die Backen P P befestigt. Durch das Stück J war die viereckige Stange L geschoben, die innen hohl war, damit die Mikrometerschraube m in ihr Platz fand. Am anderen Ende von L war durch das da befindliche Kopfstück der den Diamanten haltende Draht T gesteckt. Auf dem gewindelosen Schaft der Mikrometerschraube stack die in 20 Teile geteilte Scheibe S und der Zeiger Z. Beide wurden durch die Mutter M zusammengehalten. Mit der Schraube v, die auf eine Feder f wirkte, konnte man die Stange L festhalten. Am Schluß seiner Handschrift zeigt Brander noch, mit welchen Hilfsmitteln es ihm möglich war, die in astronomischen Fernrohren häufig angewandten, von Bradley erfundenen Romboidal-Glasmikrometer[1]) herzustellen. (Siehe Abb. 5). Er gebrauchte auch hierbei ein quadratisches Stück, dessen Mitte durchbohrt war, so daß genau der Zapfen der Scheibe c d hineinpaßte. Damit nun die Platte c d stets gleichmäßig an das Quadrat A B angedrückt wurde, wirkte die Mutter m erst auf die Feder F. Das Glasmikrometer wurde auch hier wieder genau konzentrisch auf die Scheibe e d aufgeklebt. Sollten nun die Diagonalen des Rombus sich wie 1 : 2 verhalten, wobei der Durchmesser des Glases gleich der großen Diagonalen o, q gleich 1 par. Zoll = 36 Schraubenumdrehungen betrug, so wurde das Quadrat mit der Seite B D an die Anschlagleiste F gedrückt, und der Diamant auf 0 eingestellt, wobei darauf zu achten war, daß sich die Scheibe M in der Nullstellung befand. Hierauf wurde der Schlitten um 18 Umdrehungen verschoben und die Linie s t geschabt, das Quadrat mit der Seite C D an die Leiste gedrückt und o q geschabt; hierauf der Schlitten um 6 Schraubenumdrehungen verschoben und ganz zart der Punkt p vermerkt, um 12 zurückgeschraubt und der Punkt r vermerkt. Sodann wurde die Scheibe c d so lange um ihre Achse gedreht, bis eine Probe mit dem Diamanten ergab, daß er scharf durch die Punkte o und p ging. War diese Stellung gefunden, so konnte zunächst der Strich o p und durch Parallelverschiebung der Strich q r geschabt werden; die beiden anderen Striche o r und p q wurden in gleicher Weise gefunden.

Abb. 5.



[1]) Siehe de la Laude, Astronomie. Band II. S. 863—65. Fig. 147.

Beschreibung der Branderschen Kreisteilmaschine.

Diese Maschine hat Brander noch vor der geradlinigen Teilmaschine erfunden. Er hat damit nur Kreisteilungen von geringem Durchmesser (ca. 30 cm) hergestellt. Seine großen astronomischen Quadranten teilte er in einer später noch zu beschreibenden Weise. — Die Konstruktion, die er hierbei zur Drehung der Teilscheibe anwendete, war die gleiche, die er später zur Winkelmessung bei den Theodoliten ausführte. Diese Maschine ist im Prinzip die gleiche wie sie der berühmte englische Mechaniker Ramsden, allerdings später als Brander zur Teilung der von ihm verfertigten mathematischen Instrumente gebrauchte. [1])

(Abb. 6.) Bei der von Brander erfundenen waren auf der 1 Schuh = 0,32 m langen Gußplatte A B 4 Säulen E, F, G, H eingelassen, auf denen die kürzere Platte J K ruhte, die mit den Schrauben a, a, a, a auf den Säulen befestigt war. Das Holz N, auf dem das Winkeleisen Q aufgeschraubt war, lag auf den beiden Keilen P P, sodaß sich bei vor- oder rückwärts schieben von N das Winkeleisen senkte oder hob. Die beiden Schrauben d gingen durch das Holz N, die Keile P und den Schlitz c der Platte J K. Sie waren unterhalb der Platte J K mit Lappenmuttern versehen, mit denen N und somit Q festgestellt werden konnte. — In J K war eine Anrichtung aus Eisen R eingelassen und mit der Schraube α an J K befestigt. In R waren die beiden messingenen Lager β und y zwischen zwei Nuten eingeschoben. — In diesem Lager ruhte die eiserne Spindel S, auf der das messingene Zahnrad T aufgekeilt war, welches 360 Schraubeneinschnitte (Zähne) besaß. Um die Spindel S war eine Darmseite η gewunden, die über die Rolle μ lief und durch ein 2 Pfund schweres Gewicht in Spannung gehalten wurde. Auf das obere Ende der Spindel war eine schwere bleierne Scheibe u v aufgesteckt, deren Oberfläche absolut eben war. Ihr Zentrum war durch einen feinen Punkt bezeichnet, der in einem in die Scheibe eingelassenen Messingstift angemerkt war. Auf dem Fußbrett waren zwei mit einem Falz versehene Leisten x befestigt. In dem Falz ließ sich das Stück W verschieben. Auf W war die Platte z′ festgeschraubt; die auf ihr liegende Platte z war um den Stift l drehbar. Auf z waren die beiden Lager h h befestigt, in denen sich der Schaft m der Schraube ohne Ende drehte. Am einen Ende von m war die Handkurbel u, auf dem anderen die Teilscheibe p, die in 100 gleiche Teile geteilt war, aufgesteckt. p wurde durch die Feder r mittels der Lappenmutter q an den Ansatz m′ gepreßt. Außerdem war durch die Lager h h bei n ein Messingdraht gesteckt, der an seinem einen Ende in den Zeiger O′ auslief, mit dem auf der Teilscheibe p $^1/_{10}$ einer Schraubenumdrehung gemessen werden konnte. Die ganzen Umdrehungen wurden mit dem am gleichen Draht befestigten Zeiger i′, der über der Teilung der Scheibe T stand, abgelesen. In der Mitte des Holzes W war eine breite Nute ausgehobelt, in die ein messingenes, winkelförmiges Stück Y paßte, das durch die Schraube i auf W festgestellt werden konnte. Die Feder g war durch die Schraube f mit Y fest verbunden und drückte das Lager h h, somit die Schraube m, sanft gegen die Schraubengänge der Scheibe T. Sollte die Scheibe T frei gedreht werden, so löste man die Schraube aus ihrer Verzahnung und hielt sie mit dem Drahte t ausgelöst fest. Wurde nun z. B. eine Glasscheibe geteilt, so löste er zunächst die Schraubenverbindung und die Saite η, so daß S sich ganz frei bewegen konnte. Hierauf klebte er die zu teilende Scheibe auf U V mit rotem Klebwachs, das in ganz feinen Tropfen aufgebracht und papierdünn verrieben wurde, fest. Hierbei mußte die Glasscheibe ganz frei von Fett sein, damit sie sich nicht während des Teilprozesses loslöste. Gleichzeitig beim Aufkleben wurde die Scheibe zentriert. Jetzt führte Brander den Streichmodul längs der Kante des Lineals bis zu jener Stelle, wo der Kreis gezogen werden sollte, drückte mit dem Zeigefinger sanft auf den Stab B des Streichmoduls, so daß der Diamant das Glas berührte, und drehte hierauf die Scheibe U V langsam einmal herum. Dies wiederholte er für jeden Kreis. Um die Teilstriche zu erhalten, prüfte er erst, ob die Diamantspitze durch das bezeichnete Zentrum der zu teilenden Scheibe durchlief.

Brander besaß nun eine Tabelle, in der er ausgerechnet hatte, wieviel ganze und hundertstel Umdrehungen zu einem Teilungsintervall gehörten wenn er eine Scheibe in 2 — 360 Teile teilen wollte. Sie beruhte auf folgender Überlegung. Da sein Rad T 360 Zähne hatte und die Scheibe p 100 Teile, so hatte die Scheibe T, also auch U V eine Umdrehung gemacht, wenn er 360 . 100 = 36000 kleinste Teile der Ablesscheibe gezählt hatte. Wollte er z. B. eine Scheibe in 16 Teile zerlegen, so mußte er seine Teilscheibe p um 36000 : 16 = 2250 Teile = 22 ganze $^{50}/_{100}$ Umdrehungen der Schraube m verschieben, bis er mit dem Streichmodul den nächsten Teilstrich ziehen durfte.

Auch seine Nonien verfertigte er auf dieser Maschine. Sollte ein Nonius auf einem in ganze Grade geteilten Kreis Winkel von 3 zu 3 Minuten angeben, so mußten 21 Teile des Kreises in 20 auf der Alhidade geteilt werden.

Es gilt die Proportion

$$\frac{2100}{21} = \frac{x}{20} \quad ; \quad x = 2205.$$

[1]) Die Ramsdensche Kreisteilmaschine ist beschrieben und gezeichnet in J. G. Geißler, Bemühungen der Gelehrten und Künstler, mathematische Instrumente einzuteilen. Dresden 1792. S. 47—64. Tab. 1—3.

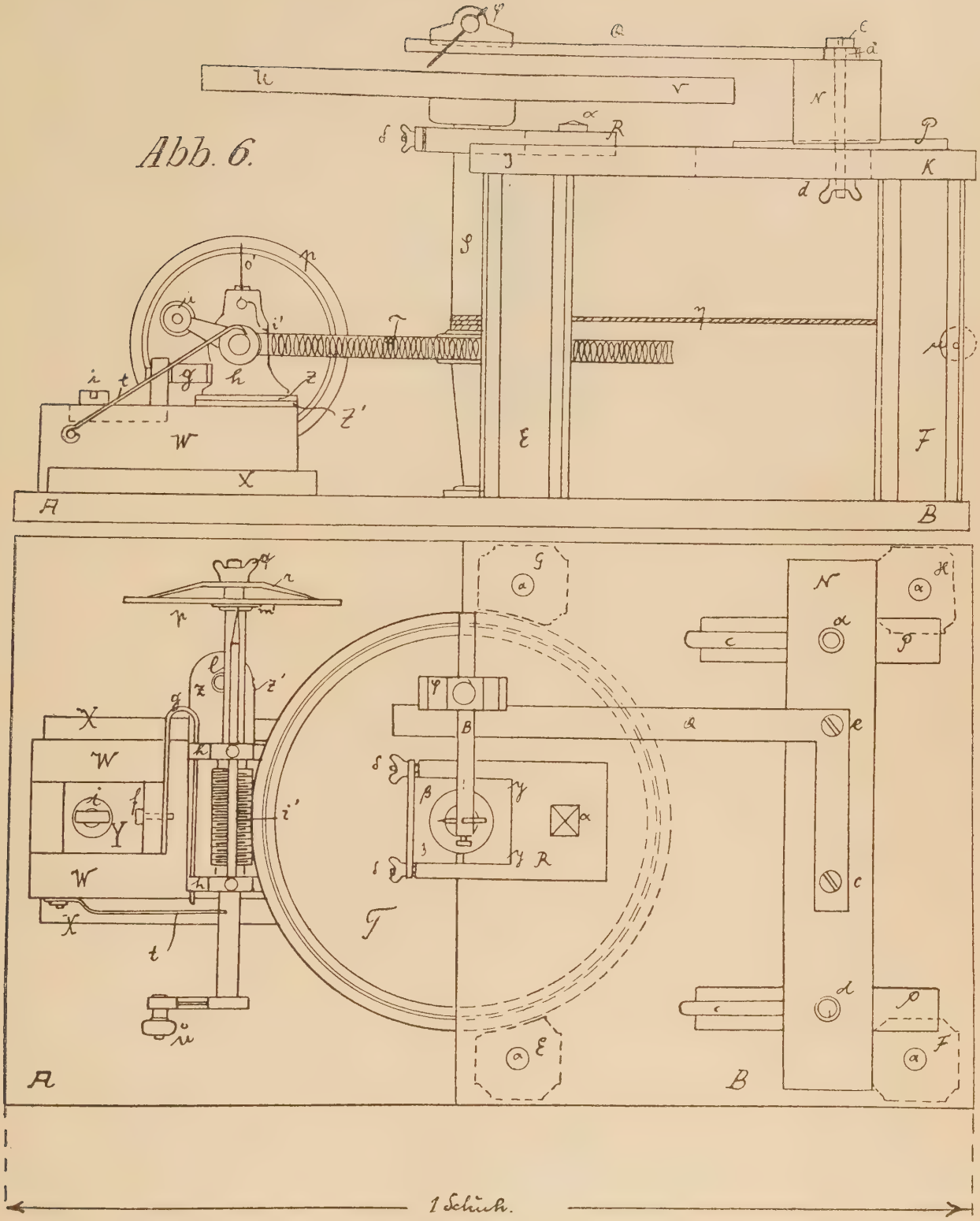
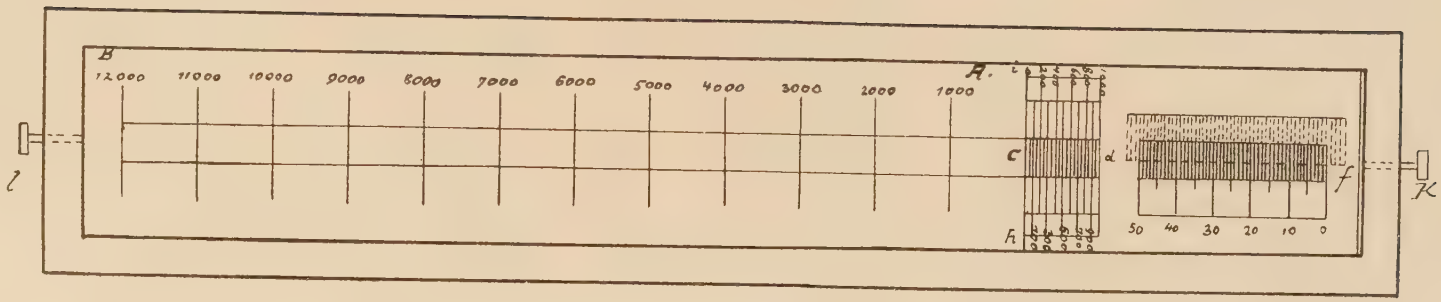


Abb. 6.
A
B
W
X
Y
T
R
1 Schuh.

Abb. 8.


B
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
A
C
F
d
f
50
40
30
20
10
0
l
K

Also entsprachen einem Intervall des Nonius $\frac{2205}{21} = 105 = 1\,^5/_{100}$ Umdrehungen der Schraube m. Auch diese 20 Resultate faßte Brander wieder in eine Tabelle, deren Aufzeichnung aber zu weit führen würde. Er sagt hierbei, daß man bei Teilungen von Nonien besondere Sorgfalt anwenden müsse, denn man müsse ihn wohl den größten Spion aller Teilungen nennen.

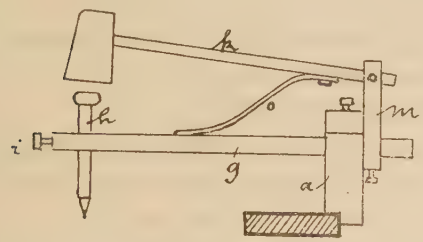


Abb. 7.

Die Teilungen auf Messing, bei denen keine Striche, sondern nur Punkte aufgetragen waren, (Skala des dioptr. Sectors), wurden mit einem besonderen Instrument ausgeführt. Es hatte grosse Ähnlichkeit mit dem Streichmodul. In dem Läufer a steckte eine rechteckige Stange g, an deren vorderem Ende sich der Stahlstift h befand, der mit der Schraube i so gestellt wurde, daß er die zu teilende Fläche fast berührte. Die Feder o hielt den Hammer k etwas über h. Sollte nun ein Punkt geschlagen werden, so wurde etwas auf k getippt, so daß durch den Schlag auf h das ganze Instrument etwas kippte und so den zarten Punkt verzeichnete.

Branders Teilmethode durch Übertragung mit dem Zirkel.

Zur Teilung der großen astronomischen Sextanten und Quadranten besaß Brander keine Maschine. Diese Teilungen wurden von ihm mit einem Glas-Nonius-Maßstab durch Übertragung mit Stangenzirkeln hergestellt.

In einem Briefe an Lambert vom 25. Oktober 1769 sagt Brander: „Der Vorzug, den ein solcher Nonius von Glas vor einem von Messing hat, deren sich Herr Bird in London und ich mich schon zu zweien malen zu Einteilung zweier Quadranten als das sicherste Mittel bedient habe, (wiewohl ich schon 4 Jahre vorher Gebrauch davon gemacht, ehe Herrn Birds Beschreibung: The Method of dividing Astronomical Instruments zum Vorschein kam [1]) ist ungleich schätzbarer."

Die Möglichkeit auf Glas schärfere Teilungen ausführen zu können und die geringe Abnützung und Erweiterung der Striche durch das Einsetzen der Zirkelspitzen veranlaßten ihn, das Glas dem von Bird angewandten Messing vorzuziehen.

Die Genauigkeit einer der wichtigsten Vorrichtungen der großen mathematischen Meßinstrumente, nämlich der Teilungen, war von diesem Nonius-Maßstab abhängig. [2]) Die Wichtigkeit dieses Instruments für das Brandersche Institut ergab sich daraus ganz von selbst und ich will es deshalb, und die Art wie er damit arbeitete, beschreiben. Der Maßstab selbst wurde auf der geradlinigen Teilmaschine geteilt; er bestand aus einer 12 Zoll = 32,47 cm langen, schmalen Spiegelglasplatte A B. (Siehe Abb. 8). Die Striche waren mit einem Diamanten eingerissen so tief, daß man sie mit einer scharfen Zirkelspitze noch gut fühlte. Um sie besser sichtbar zu machen, waren sie mit Gold eingelassen und das Glas selbst schwarz unterlegt. Bei i h stieß an A B eine andere, ebenso breite, aber kürzere Glasplatte c d f, die durch eine eingelegte Feder von der Berührungsfläche i h weggedrückt wurde, wenn man die außen am Kästchen befindliche Schraube K nachließ. Auf der kurzen Platte war bei c d ein par. Zoll noch in 20 Teile geteilt, und außerdem ein Maßstab d f von 50 gleichen Intervallen aufgetragen. — Diese kurze Platte lag auf einer anderen, die schwarz unterlegt war und sich nicht verschieben ließ. Auf dieser unteren Platte befand sich eine Skala von 15 Teilen, von denen jeder $^1/_2{}''' = 1{,}127$ mm maß. 51 Intervalle der unteren Tafel überdeckten sich zur Hälfte genau mit 50 der oberen. Die Angabe des Nonius betrug also 0,001 Zoll.

[1]) Die Güte der Birdschen Kreisteilungen veranlaßte die Kommission der Länge zu London, Bird aufzufordern, die Art, auf die er seine Quadranten teile, bekannt zu geben. Sie setzte ihm für die Preisgabe seines Geheimnisses 500 £ aus. Hierauf übergab Bird der Kommission eine deutliche Beschreibung seiner Methode (1767) mit der eidesstattlichen Erklärung, daß hierin das wahre Verfahren angegeben sei, nach dem er einen Mauerquadranten von 8 Fuß auf dem Observatorium in Greenwich und einige andere abgeteilt habe. Auch die nach Göttingen, Berlin und Mannheim von ihm gelieferten sind nach dieser Methode geteilt. Sie ist deutsch beschrieben in Joh. L. Späth, Abhandlung zu Berechnung des Grades der Genauigkeit, mit welcher auf einem Mauerquadranten nach J. Birds und G. F. Branders Teilungs Methode die Abteilung der Teilkreyse vollführt werden kann. Leipzig 1788.

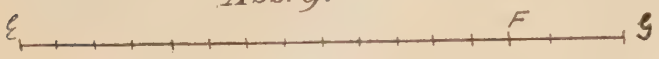
[2]) Ausführliche Angaben darüber finden sich in der Branderschen Schrift: Beschreibung des Nonius Maßstabs von Glas. 1. Anhang zu G. F. Brander, Die neue Art, Winkel zu messen. Augsburg 1772.

Die Berichtigung des Instrumentes vor dem Gebrauch geschah auf folgende Weise. Die obere Platte wurde vermittels der Schraube K so nahe an A B gebracht, bis sich der 0 Strich und der 50. Strich des Nonius genau mit 51 Teilen des darunter liegenden Maßstabs deckten. Zur Prüfung wurden nun 3 oder 4 Zoll auf der Glasplatte A B abgenommen und darauf die eine Zirkelspitze auf A B, die andere auf c d eingesetzt. Ergab sich hierbei eine Differenz, so war sie auf das Genaueste mittels der Schraube l zu korrigieren.

Beim Abgreifen von Strecken verfuhr Brander nun folgendermaßen. Gesetzt, er wollte 9,862 Zoll in den Zirkel nehmen, so setzte er auf der Glastafel A B in 9000 ein. Mit Hilfe der Schraube K ließ er den Nonius c f soweit nach, bis der 12. Noniusteilstrich mit der darunter liegenden Skala zusammenfiel. Hierauf ließ er die zweite Zirkelspitze auf c d in 850 einfallen. Er erhielt so $9000 + 850 + 12 = 9862$ Teile $= 9{,}862$ Zoll.

Sollte z. B. eine Linie E F in 13 Teile zerlegt werden (Fig. 9), so verfuhr er, da 13 kein ganzes Vielfaches einer geraden Zahl ist, folgendermaßen. Er maß zuerst E F z. B. = 10569. Um nun festzustellen, wie lang eine auf der gleichen Geraden abzutragende Strecke sein muß, die in 16 Teile, von gleicher Größe wie die 13 der Strecke E F, geteilt werden sollte, sagte er:

Abb. 9.



$$13 : 10569 = 16 : x$$

$$x = \frac{10569 \cdot 16}{13} \quad 13008 = E\,G.$$

Diese 13008 wurden nun mit dem Stangenzirkel vom Noniusmaßstab abgenommen und von E nach G aufgetragen. Jetzt teilte er E G in 2, 4, 8, 16 Teile. War so E G in 16 Teile zerlegt, so war der 13 Teilstrich der Punkt F und somit E F in 13 Teile geteilt.

Die Teilung eines Kreises in eine beliebig gewünschte Anzahl Teile von gleicher Größe gibt Brander in folgender Weise an. Auch hier handelt es sich darum, teilbare Sehnen zu erhalten. Sollte ein Kreis in 54 gleiche Teile zerlegt werden, so suchte er zuerst die Winkel zu den Bögen $\frac{16}{54}$ und $\frac{10}{54}$ mittels der Gleichungen:

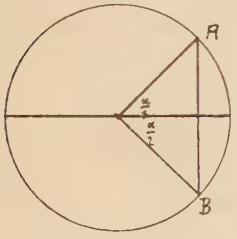


Abb. 10.

$$\frac{16}{54} = \frac{x^0}{360^0} \quad : \quad x = 106^2/_3 = 106^0\,40'$$

$$\frac{10}{54} = \frac{x^0}{360^0} \quad : \quad x = 66^0\,40'.$$

Wurde der Radius des zu teilenden Kreises = 10000 Teile = 10 Zoll genommen, so erhielt er die Sehnen zu den Winkeln $106^0\,40'$ und $66^0\,40'$ mittels der Gleichungen: (Siehe Abb. 10.)

$$\text{Sehne } A\,B = 2 \sin\frac{\alpha}{2} = 2 \cdot \sin 53^0\,20' = 16042$$

$$\text{Sehne } A'B' = 2 \sin 33^0\,20' = 10990.$$

Diese beiden Maße griff er nun mit zwei Stangenzirkeln scharf auf dem Noniusmaßstab ab und beschrieb mit einem dritten Stangenzirkel einen Kreis mit dem Radius 10000. Hierauf trug er beide Sehnenmaße 16042 und 10990 von einem beliebigen Punkt der Peripherie aus in gleicher Richtung auf. Die Sehne 16042 trug er 4mal auf der Peripherie ab; der 4. Schnittpunkt mußte mit dem Schnittpunkt der Sehne 10990 zusammenfallen.

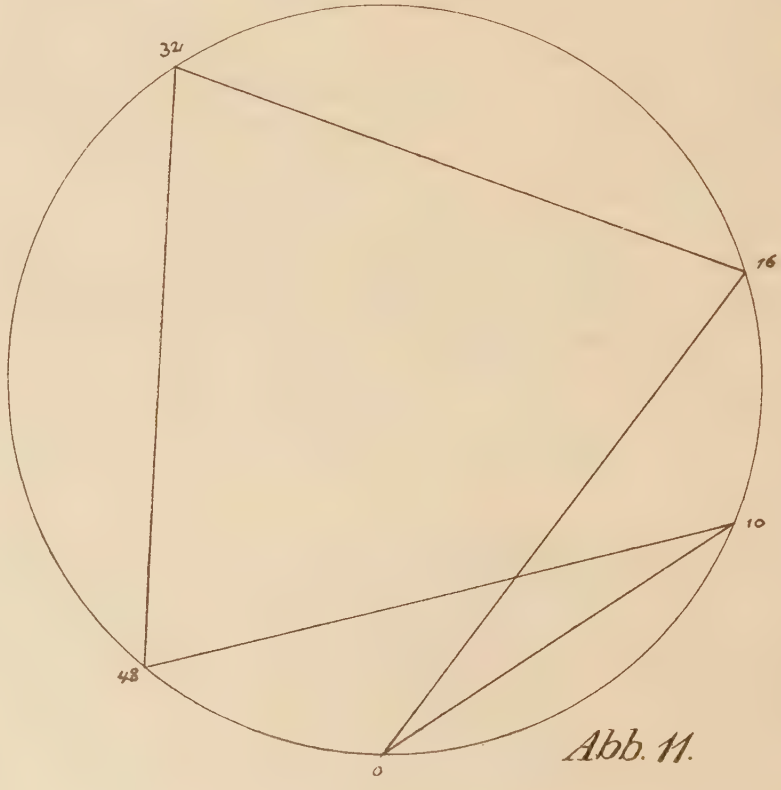


Abb. 11.

Der zur Sehne 16042 gehörige Bogen

ließ sich nun durch fortgesetztes Halbieren bis auf 1 teilen. Nachdem der ganze Kreis so zerlegt war, wurden mit der Sehne 10990 die 54 Teile in folgender Weise geprüft:

Er setzte in 0 ein und erhielt so die Teilstriche:

0	10	20	30	40	50	
in 6 eingesetzt	6	16	26	36	46	
in 2 eingesetzt	2	12	22	32	42	52
in 8 eingesetzt	8	18	28	38	48	
in 4 eingesetzt	4	14	24	34	44	54

In dieser Art verfuhr er, wenn der Radius in Dezimalteilen angenommen werden durfte. War er aber gegeben z. B. 6950, so mußten die Sehnen mit den Proportionen

$$10000 : 16042 = 6950 : x \qquad x = 11149{,}19 \text{ Teile}$$
$$10000 : 10990 = 6950 : x \qquad x = 7638{,}05 \text{ Teile}$$

berechnet werden. Bei Einteilung eines Quadranten [1]) von 5 zu 5 Minuten, wobei der Radius gegeben, wendete Brander beifolgende Methode an. Er gebrauchte dazu 6 Stangenzirkel, von denen der

1. die Sehne zu einem Winkel von 60^0 faßte,
2. „ „ „ „ „ „ $42^0\ 40'$
3. „ „ „ „ „ „ 30^0
4. „ „ „ „ „ „ 15^0
5. „ „ „ „ „ „ $10^0\ 20'$
6. „ „ „ „ „ „ $4^0\ 40'$

Dann trug er auf dem Kreis von gegebenen Radius die Sehnen zu den Winkeln 60^0, daran anschließend 15^0, $10^0\ 20'$ gibt $85^0\ 20'$ und hieran die Sehne zu $4^0\ 40' = 90^0$. Jetzt fing er mit dem Zirkel 2 an, setzte bei 0 ein und schnitt $42^0\ 40'$ und $85^0\ 20'$ auf der Peripherie ab. Dann erhielt er mit dem Zirkel Nr. 3 die Teilstriche: 0^0, 30^0, 60^0, 90^0. Mit Nr. 4: 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 75^0, 90^0. Mit Nr. 5: $10^0\ 20'$, $20^0\ 40'$, 31^0, $41^0\ 20'$, $51^0\ 40'$, 62^0, $72^0\ 20'$, $82^0\ 40'$. Mit Nr. 6 die Teilstriche zu den Winkeln: $4^0\ 40'$, $9^0\ 20'$, 13^0, $17^0\ 40'$, $23^0\ 20'$, 28^0, $32^0\ 40'$, $37^0\ 20'$, 42^0, $46^0\ 40'$, $51^0\ 20'$, 56^0, $60^0\ 40'$, $65^0\ 20'$, 70^0, $74^0\ 40'$, $79^0\ 20'$, 84^0, $88^0\ 40'$. Hierauf fing er wieder mit dem 2., 3., 4., 5., 6. Zirkel an zu teilen, bis er alle Lücken ausgefüllt hatte. Brander macht dabei noch darauf aufmerksam, daß die Teilung eines solchen Kreisbogens bei gleicher Temperatur ausgeführt werden müsse und man sich dabei keiner metallenen Stangenzirkel bedienen dürfe, die länger als ein Schuh sind, damit durch Ungleichheiten in der Erwärmung keine Schwierigkeiten entstünden.

Wie schon gesagt, hatten die Brandersche und Birdsche Teilmethode große Ähnlichkeit. Prof. Späth hat in seiner S. 15, Anm. 1 erwähnten Abhandlung eine Beschreibung beider Methoden gegeben und eine weitläufige Untersuchung über den Genauigkeitsgrad der Teilungen der Branderschen und Birdschen Quadranten vorgenommen, aus der hervorgeht, daß in der ersten Hälfte des Bogens von $85^0\ 20'$ die Werte der Inkremente für die Brandersche, in der zweiten Hälfte für die Birdsche Methode größer ausfallen.

Nach Bescheibung der Branderschen Teilmaschinen und Methoden drängt sich uns die Frage auf: An welchen Instrumenten und in welcher Weise sind nun diese Teilungen angebracht?

Die Winkelmessinstrumente mit geradliniger Teilung.

Der dioptrische Sektor [2]) ist, obgleich völlig von ihm verschieden, aus dem Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld, welches an dem neuen Meßtisch vom Jahre 1773 Verwendung gefunden hat, entstanden. Ich werde seine Entstehungsgeschichte wie die noch einiger anderer in diese Zeit fallender Instrumente mittels des Lambert-Branderschen Briefwechsels später zeigen.

[1]) Diese Methode wandte Brander auch bei dem für die Akademie München und Universität Ingolstadt verfertigten Quadranten an. Von der Güte der Teilung kann man sich überzeugen, wenn man die Resultate der Prüfung betrachtet. Sie befinden sich, wie auch eine ausführliche Beschreibung des Instruments, in P. C. Ammann, Quadrans astronomicus novus descr. et exam. in Specula uran. Ingolstadt 1770.

[2]) Er ist beschrieben in J. H. Lambert, Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer von Glas. Augsburg 1769. 2. Beilage.

Der Sektor bestand in seinen Hauptteilen aus einem Holzrahmen, dessen Zentriwinkel ca. 23° betrug. Sein Radius war zu 500 par. Linien = 1,128 m oder auch halb so lang angenommen. Ferner einem Beobachtungsfernrohr, das an einem besonders dazu hergerichteten Messingteil um das Sektorzentrum drehbar war. Der dritte Hauptteil war eine in dem einen Endpunkt der Kreisperipherie drehbar befestigte, vertikal stehende Glasskala. Sie bewegte sich in einem Ausschnitt im Fernrohr, der sich im Brennpunkt des Okulars befand. Unter dem einen Schenkel des Holzrahmens war ein Fernrohr derselben Art und Größe wie das obere angeschraubt und zwar so, daß die Achsen beider Fernrohre parallel standen, wenn sich das obere in der Nullstellung befand. Dieses untere, feste Fernrohr hatte nur den Zweck, eine Garantie für die unverrückte Lage während der Beobachtung zu geben. In seinem Brennpunkt befand sich ein Mikrometer, das in die gleichen Teile wie die Glasskala geteilt war. Da bei beiden Fernrohren die Mikrometer stets in gleichem Abstand vom Drehzentrum blieben, so mußten, um den Objektivbildpunkt nach dem jeweiligen Stand des beobachteten Gegenstandes auf die Skala zu bringen, die Objektive verschiebbar angeordnet sein. In dem Ausschnitt des beweglichen Fernrohrs, in dem die Skala lief, steckte ein Rohr, über das ein sehr feiner Silberfaden vertikal gespannt war. Dieser Faden glitt scharf an der Glasskala vorbei und war zugleich, genau im Brennpunkt des Okulars stehend, das Maß des Radius vom Zentrum = 5000 Skrupel = 1,128 m.

Die Skala war ein rechteckiger, gleich starker Streifen Spiegelglas, auf dem ein Maßstab, der par. Zoll in 120 Teile geteilt (1 Teil = 0,225 mm) aufgetragen war. Jeder 5. und 10. Strich war etwas länger, die 50. Striche aber liefen über die ganze Breite des Glases und waren durch Zahlen bezeichnet, so daß bei jeder Ablesung zwei Zahlen im Gesichtsfeld erschienen. Bei dem 1769 beschriebenen Sektor war die Skala bis 1850 geteilt, also 0,417 m lang, was einem Zentriwinkel von 21° 19′ 20″ entsprach, doch sind von Brander auch Sektoren ausgeführt worden, deren Skalen bis 2589,3 liefen, also Winkel von 30° anzeigten und somit 0,59 m lang waren. Mit Hilfe einer von 0° bis 30° von 10 zu 10 Sekunden und den Radius 5000^{IV} von Brander berechneten Sehnentafel[1]) war es möglich, den zu der abgelesenen Sehne gehörigen Winkel sofort aufzuschlagen. Dieser Sektor, dessen Skala wegen ihrer engen und langen Teilung die Bewunderung der Gelehrten hervorrief, fand sowohl bei geodätischen als astronomischen Beobachtungen Verwendung. Infolge seines kleinen Zentriwinkels, der sich auch unter Beihilfe einer zweiten Glasskala höchstens auf das doppelte, also 60° erweitern ließ, war er in dieser Form für die Messung einer Reihe von Winkeln aus einem Standort noch nicht zweckmäßig genug eingerichtet, da er zu häufig in andere Lage gebracht werden mußte, um den anschließenden Winkel bestimmen zu können. Aus diesem Übelstand erwuchs durch einige konstruktive Änderungen aus dem Sektor der Spiegelsextant.

Der Spiegelsextant.[2])

Er fand Verwendung bei der geographischen Aufnahme Kurbayerns. Man hätte wohl zur Not durch mehrmaliges Zusammensetzen aus Bruchteilen des zu messenden Winkels den ganzen Winkel erhalten können; doch da bei von Kirchtürmen aus vorzunehmenden Winkelmessungen dort oft nur sehr kleine Maueröffnungen angetroffen wurden, und außerdem die Bewegungsfreiheit der Instrumente eine sehr beschränkte war, so daß die Beobachtung mittels des Quadranten, Scheibeninstruments oder dioptrischen Sektors sehr erschwert wurde, so erweiterte Brander durch Zuhilfenahme eines Spiegels, den er im Zentrum des hölzernen Sextanten aufstellte, den Gesichtskreis auf 250 bis 300°.

Als mittlere Speiche war in den Sextanten ein messingenes Lineal eingesetzt, auf dessen unterer Seite ein zweites Fernrohr aufgeschraubt war, was wiederum nur den Zweck hatte, die unverrückte Lage des Sextanten zu garantieren. Am einen Ende des Lineals war ein Zapfen genau im Zentrum des Kreises eingelassen, um den sich der bewegliche Tubus drehte. Ferner stak darauf eine kleine, in 360 Teile zerlegte Scheibe, darauf noch eine am Rande abgefaßte Scheibe, auf der der Metallspiegel befestigt war. Mittels einer Feder wurden die beiden Scheiben so an das den beweglichen Tubus tragende Messingstück gedrückt, daß sie sich mit ihm drehten, sich aber auch jede für sich bewegen ließen. Auch konnte der Spiegel mittels einer Stangenführung, die vom Okular aus bedient wurde, in jede beliebige Stellung zum Fernrohr gebracht werden. Am anderen Ende des messingenen Lineals war die gläserne

[1]) Diese Tafel befindet sich in J. H. Lamberts Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer. Augsburg 1769. 4. Beilage.

[2]) Er ist beschrieben und gezeichnet in: G. F. Brander, Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsburg 1774.

Skala, liegend, nicht vertikal stehend wie beim dioptrischen Sektor, drehbar befestigt, so daß die Entfernung des Drehpunkts des Spiegels bis zum Drehpunkt der Skala genau 250‴ par. = 56,4 cm betrug. Die Teilung der Skala begann in ihrem Drehpunkt. Ihre Länge betrug 310‴ = 0,697 m. Die kleinsten aufgetragenen Intervalle gleich $^1/_2$‴ = 5^{IV} = 1,128 m waren durch zarte Punkte auf der Teilung vermerkt. Auf dem beweglichen Tubus war ein 68 mal vergrößerndes, zusammengesetztes Mikroskop, das über der Teilung des Sehnenlineals senkrecht stand, aufgesetzt. In ihm befand sich eine Glasskala von 50 Intervallen, 4$^1/_2$‴ lang, durch die die kleinsten Teile des Sehnenlineals 5^{IV} noch in 50 Teile, also eine Linie in 100 Teile zerlegt wurden. Der Radius des Sextanten enthielt somit 250‴ . 100 = 25000 Teile des Mikroskops. Auf dem Sehnenlineal waren beim 2., 4., 6. . . . Punkt die Zahlen 1, 2, 3 . . . aufgestochen, damit sie im Mikroskop aufrecht erschienen, umgekehrt. Jedes Intervall 1 bis 2, 2 bis 3 umfaßte also 100 Teile. Bei 10, 20 . . . war jedesmal eine größere, die 1000 ausdrückende Zahl gesetzt. Um auch hier aus der abgelesenen Sehne den gemessenen Winkel sofort finden zu können, hatte Brander eine Tafel berechnet, die die Winkel von 0° bis 100° auf einzelne Minuten angab.[1]) Der Radius war hierbei zu 5000 oder 50000 Teilen angenommen. Weil nun aber der Radius des Spiegelsextanten nur 25000 Einheiten des Sehnenlineals lang war, so mußte jede abgelesene Sehne erst verdoppelt werden, ehe man aus der Tafel den Winkel aufschlagen konnte.

Gesetzt, wir hätten mittels des Ablesemikroskops 8472$^1/_2$ gefunden. 2 . 8472,5 — 16945. Diese Zahl kommt in der Tafel 16944 = 19° 31′ am nächsten.

Zu 19° 30′ = 16935
„ 19° 31′ = 16949 — Differenz pro Minute 14
4 : 0,233 = 17 Sekunden — Differenz pro Sekunde 0,233

Also ist der gesuchte Winkel 19° 31′ — 17″ = 19° 30′ 43″

Die mittlere Leistungsfähigkeit des Sextanten, die Brander von der Schärfe des 20 mal vergrößernden Fernrohrs, der Beleuchtung und den Beobachtungsfehlern abhängig macht, schätzt er zu $^1/_3$′ = 20 Sekunden und überläßt genauere Bestimmungen dem geübten Auge des jeweiligen Beobachters. Zur Prüfung eines an Herrn v. Osterwald gelieferten Sqiegelsextanten, der zur bayerischen Landesvermessung bestimmt war, maß Brander 5 mal die Winkel eines Dreiecks, dessen Seitenlängen er nicht angibt, und fand dabei die Winkelsumme nie um mehr als 10—15 Sekunden größer oder kleiner als 180°.

Als Grund für die Messungen mittels der Glasskala gibt Brander an, daß, wenn er den Kreis des Sextanten z. B. von 10′ zu 10′ geteilt hätte, wohl die Sehnentafel weggefallen wäre, dafür aber der einfache Bau des Instruments hätte geändert werden müssen, wenn überhaupt noch auf Genauigkeit der Messung Anspruch erhoben werden wollte. Zu allem, was jetzt aus Holz war, wäre Messing und Eisen nötig geworden, was den Preis bedeutend erhöht hätte.

Daß die großen Veränderungen unterworfenen, an dem Sextanten befindlichen Holzteile keine Herabminderung verursachten, sei darin begründet, daß die wesentlichen Stücke, nämlich das messingene Lineal, die gläserne Skala und das Meßfernrohr, dergestalt mit einander verbunden wären, daß sie allein das messende Instrument vorstellen und somit der Vorwurf, der gegen das Holz gemacht werden könne, wegfalle.

Der amphidioptrische Goniometer.[2])

Ein drittes, von Brander konstruiertes Instrument, vermittels dessen man Winkel durch die zu den Winkeln gehörigen Sehnen messen konnte, ist der amphidioptrische Goniometer. Der Gebrauch dieses Instruments gründet sich auf eine von Prof. Tob. Mayer im zweiten Band der Kommentarien der Gesellschaft der Naturwissenschaften in Göttingen angegebenen Methode, Winkel mittels sogenannter Vor- oder Hilfswinkel zu messen. Brander machte davon auch bei seinem Meßtisch von 1769 und 1772 Gebrauch. Der Brandersche Goniometer war von dem von Prof. Tob. Mayer erfundenen konstruktiv sehr verschieden. (Siehe Abb. 12.)

Er bestand aus zwei in Holz gefaßten, um ein Scharnier R drehbaren Fernrohren AB und CD, die 18—20″ = 48,5 — 54 cm lang waren. AB war ein gewöhnliches dioptrisches Fernrohr mit zwei sich kreuzenden,

[1]) Sie befindet sich unter dem Titel: Tabula Chordarum vel Subtensarum ad singulos Minutarum Gradus usque 100 Gradus ad Radius 5000 als Anhang in der Branderschen Schrift: Die neue Art, Winkel zu messen mittels des amphidioptrischen Goniometers. Augsburg 1772.

[2]) Er ist beschrieben in: G. F. Brander, Die neue Art, Winkel zu messen. Augsburg 1772.

auf Glas gezeichneten Strichen im Brennpunkt des Okulars E. Das Objektiv konnte mittels des Zapfens a nach Bedarf verschoben werden. Im Fernrohr CD befand sich ein 8 Zoll langes, am Zapfen d verschiebbares Stück, in dem zwei Objektivgläser gleicher Brennweite in solcher Entfernung eingeschraubt waren, daß man das Okular sowohl bei C als bei D vorsetzen konnte, d. h. es konnte jedes der beiden Gläser als Objektiv und Kollektiv wirken. Bei J wurde ein Kästchen mit einem unter 45^0 gestellten Spiegel eingeschoben, welcher die Strahlen nach F brach. Hier lag ein Mikrometer, dessen Intervalle $1^{IV} = 0{,}225$ mm betrugen und mit der Teilung dem Spiegel zugekehrt eingelegt war. Das aus zwei Gläsern zusammengesetzte Okular k, ließ sich im Rohre l verschieben, um sich dem Auge des jeweiligen Beobachters anpassen zu können. Bei m ließ sich für Sonnenbeobachtungen (Bestimmung der Mittagslinie) ein rotgefärbtes Glas einsetzen. Sollte das Instrument aber zu Horizontalwinkelmessungen Verwendung finden, so wurde das Kästchen bei J herausgezogen und dafür bei D das Okular L eingesetzt.

Das messingene, mit Zähnen versehene Lineal H war bei P drehbar befestigt. Am Fernrohr CD glitt es unter einer drehbaren Führungsleiste, die gleichzeitig als Nonius ausgebildet war, hin und wurde so geführt, daß PR = RO = 12,5 franz. Zoll = 0,348 m war. Die feine Bewegung des Fernrohrs CD erfolgte durch einen in die Zähne des Lineals eingreifenden Trieb T.

Die Regel H war in gleiche Teile geteilt, von denen 500 = dem Radius = 0,348 m hielten, also 1 Teil = 0,696 mm maß. Der bei N drehbar befestigte Nonius lag scharf an der Teilung des Lineals H an, so daß seine Schärfe durch das Zentrum der Bewegung o schnitt. 11 Teile der Skala waren auf diesem Nonius in 10 geteilt (vortragender Nonius), sodaß seine Angabe $d = {}^1/_{10} \cdot 0{,}696 = 0{,}0696$ mm betrug. Es enthielt also der Radius 5000 der Einheiten, die mit dem Nonius abgelesen werden konnten. Die Skala selbst war bis 8200 eingeteilt, also 0,57 m lang, was einem Winkel von $110^0\,10'\,10''$ entsprach. Alle Winkel bis 100^0 konnten aus der schon erwähnten, von Brander für den Radius 5000 berechneten Tafel entnommen werden.

Da sich die beiden Fernrohre um eine Achse drehten, die nicht im Schnittpunkt der beiden optischen Achsen der Fernrohre AB und CD lag, so wurde auch nicht der gesuchte Winkel α, sondern der um einen konstanten Betrag größere β mittels der Skalenablesung in der Sehnentafel gefunden. Diesen Winkel $(\beta - \alpha)$ nannte Brander den Hilfs- oder Auxiliarwinkel. Er wurde vor jeder Messung bestimmt und fiel dann durch Subtraktion aus dem Meßresultat aus. Sollte z. B. die Höhe eines Sterns bestimmt werden, so wurde zunächst mit einem Lote geprüft, ob sich das Fernrohr CD in einer Vertikalebene bewegte. Sodann wurde CD auf AB herabgelassen, bis beide Fernrohre auf einander auflagen. Dabei setzte man die beigegebene Wasserwage auf CD und brachte sie durch Drehen des in die Zahnstange eingreifenden Triebwerkes zum Einspielen. Jetzt las man am Nonius N ab z. B. 933, was einem Winkel von $10^0\,42'\,20''$ (Auxiliarwinkel) entsprach. Dann richtete man das Fernrohr auf den Stern, bis er genau in der Mitte des bei F befindlichen Glasmikrometers sichtbar war. Die Noniusablesung ergab 4346 Teile = $51^0\,31'\,20''$ und die wirkliche Sternhöhe war dann $51^0\,31'\,20'' - 10^0\,42'\,20'' = 40^0\,29'$.

Brander sagt hier zur Erläuterung der praktischen Einrichtung seines Goniometers: „Hieraus sieht man also von selbst leicht ein, wie geschwind, bequem und richtig ein Winkel bis zu 20″, wohl bis zu 10″ bestimmt werden könne, ohne die geringste Rücksicht nötig zu haben auf den Standort und die höchst mühsame Anrichtung und Unterhaltung desselben in dem Niveau, wie solches andere Arten von Instrumenten, und besonders die Quadranten erfordern, womit man öfters mehr Zeit, als mit dem Messen selbst verschwendet.“

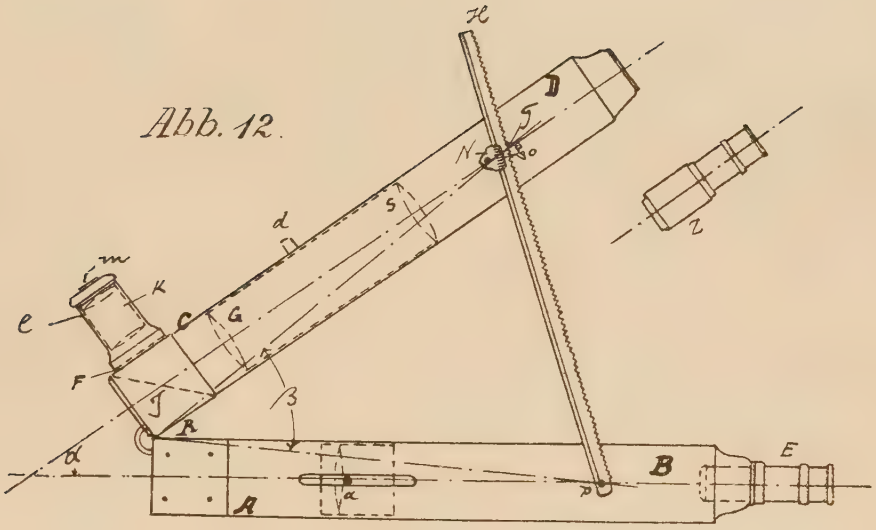
Ein dem Goniometer sehr ähnliches Instrument ist das von Rob. Hooke erfundene, in seinen Operibus posthumis p. 502 beschriebene. Gleichfalls eine Beschreibung und Zeichnung davon befindet sich in N. Bions Mathematische Werkschule. Nürnberg 1741. S. 166. Tab. XIX. Fig. 4. Die Winkel werden hier auch vermittels eines Sehnenlineals gemessen, ebenso ist die Verbindung der beiden Fernrohre, deren Objektive 6 Schuh = 1,945 m Brennweite hatten, dieselbe.

Schiebetachymeter.[1]

Aus dem Wunsche heraus, anstatt der vermittels des amphydioptrischen Goniometers gemessenen Sehnen gleich die Winkel zu messen, erfand Brander ein Instrument, welches bei dem dem Konstrukteur in so hohem Maße eignen Blick für das Praktische eine vielseitige Verwendung finden konnte. Unter anderen Eigenschaften besaß es die, daß man es in gleicher Weise wie unsere modernen Schiebetachymeter gebrauchen konnte.

[1]) Es ist beschrieben in: G. F. Brander, Beschreibung und Gebrauch eines geometrischen Instruments in Gestalt eines Proportionalzirkels. Augsburg 1780.

Abb. 12.



Dieses Instrument, welches Brander in den letzten Jahren seines Lebens schuf, wurde nach seinem Tode durch seinen Schwiegersohn Hoeschel zu einem vollkommenen Schiebetachymeter ausgebildet, was man an einem, im deutschen Museum für Meisterwerke der Technik in München aufbewahrten Instrument sehen kann.

Brander sagt, daß er bei seiner Konstruktion den Zweck verfolgte, solchen Personen, die sich mit der praktischen Geometrie zu unterhalten pflegen, aber mit trigonometrischen Rechnungen nicht abgeben mögen, ein möglichst einfaches Winkelmeßinstrument zu verschaffen.

(Abb. 13). Dieses Instrument bestand aus zwei aus Mahagoniholz verfertigten prismatischen Schenkeln quadratischen Querschnitts A und B von 40,5 cm Länge, die an ihrem einen Ende durch ein Schanier C miteinander verbunden waren. Auf beiden Schenkeln waren Maßstäbe aufgetragen, deren Nummerierung im Mittelpunkt des Schaniers begann. Das winkelmessende Lineal G hatte keine gleiche Teilung, weil man auf ihm gleich die Winkel zwischen beiden Schenkeln von 10 zu 10 Minuten ablesen konnte.

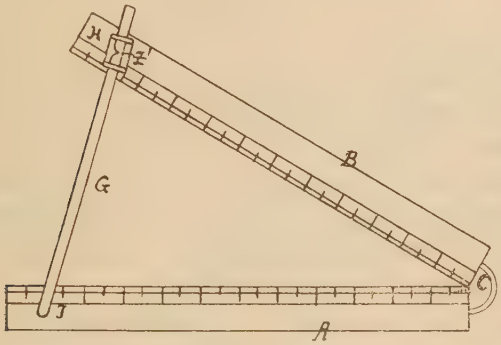


Abb. 13.

Hingegen war es auf der Rückseite mit der nämlichen Teilung wie die Schenkel A und B versehen, damit bei bekannter Seitenlänge zweier Seiten und dem eingeschlossenen Winkel sofort die dritte Seite gefunden werden konnte.

Das Lineal G war an A in J drehbar befestigt. Auf dem Schenkel B wurde es durch den kastenförmigen Teil H, an dem der Zeiger Z angeschraubt war, geführt. Um das Instrument möglichst einfach zu gestalten, erfolgte das Anvisieren der Gegenstände mit Dioptern, die bei Messung horizontaler Winkel so aufgeschraubt waren, daß die Visierebenen mit den beiden inneren Seiten der Schenkel A und B zusammen fielen. Bei Messung vertikaler Winkel wurde zur Prüfung des vertikalen Standes des Instruments an dem geneigt stehenden Schenkel B ein Lot aufgehängt, das sich bei Heben und Senken von B auf einer in der Mitte der Innenseite von A eingerissenen Geraden fortbewegen mußte.

Die Art der Winkelmessung habe ich schon beim amphidioptrischen Goniometer beschrieben. Nur ein Beispiel, welches den Grundgedanken des Tachymeters in klarer Weise versinnlicht, möchte ich anführen.

Das Instrument steht im Punkt C, der sich im gleichen Niveau mit A befindet. $AC = 100$ m. Man stellt das Instrument in C auf ein horizontales Tischchen und prüft mit dem Lote den vertikalen Stand der Schenkel. Hierauf überzeugt man sich vom horizontalen Stand des Schenkels B.

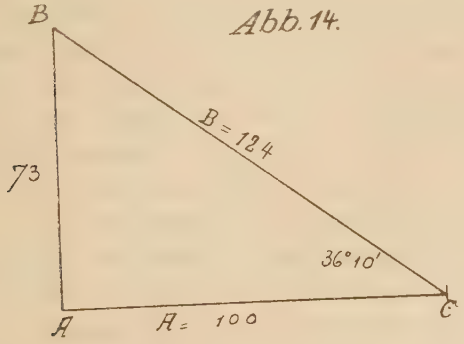


Abb. 14.

Jetzt liest man auf der Skala G den Auxiliarwinkel $= 6^0\,50'$ ab. Hierauf visiert man die Turmspitze an und liest 43^0 ab. Der Winkel BCA ist somit $43^0 - 6^0\,50' = 36^0\,10'$.

Um nun die Turmhöhe zu finden, bedient man sich der schon erwähnten rückseitigen Teilung der Skala G. An den Schenkel A setzt man im Teilstrich 100 die Skala G senkrecht zu A an, was durch ein an der Anschlagseite befestigtes Winkeleisen leicht geschehen kann. An der Stelle, wo der Schenkel B die Skala schneidet, liest man sodann auf G die Höhe des Turmes, die in diesem Falle 73 m betragen würde, ab.

Die Winkelmessinstrumente mit kreisförmiger Teilung.

Der bei den Kippregeln der Branderschen Meßtische, alter und neuer Konstruktion,[1]) angewandte Gradbogen für Vertikalwinkelmessungen besaß drei Teilungen, von denen die äußere die Höhenwinkel eines Objekts in Intervallen

[1]) Seine Meßtische sind beschrieben in: G. F. Brander, Der neue Universal-Meßtisch. 1. Auflage: Augsburg 1767. 2. Auflage 1772. Eine neue Abänderung des Meßtischs und ein ganz neuer Tisch. 1. u. 2. Anhang zur Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsburg 1774.

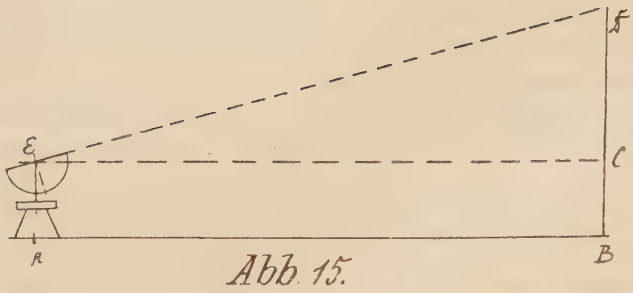


Abb. 15.

von $^1/_2{}^0$, die zweite die horizontale AB, die innere die vertikaleEntfernung DC bezogen auf einen Radius von 50 Schuh angab.[1]) Wäre nun die Entfernung des Gegenstands vom Objektiv der Kippregel, denn von da aus sind die Entfernungen bei den Branderschen Distanzmeßfernrohren zu rechnen, nicht 50 sondern 350 Schuhe, und hätte man auf der mittleren Basisteilung 49 Schuh abgelesen, so wäre die horizontale Entfernung:

$$AB = \frac{49}{50} \cdot 350 = 343 \text{ Schuh.}$$

Die dritte Teilung, die die Höhendifferenz CD angibt, würde in diesem Falle 10 Schuh angeben, was bei der Entfernung DE = 350 Schuh

$$CD \quad \frac{10}{50} \cdot 350 \quad 70'$$

ergibt. Auf der äußeren Gradteilung würde der Winkel $DEC = 11^0\,28'$ abgelesen.

Man sieht, daß schon hier, ähnlich auch bei dem ersten, von Prof. Magister Praetorius in Altdorf erfundenen Meßtisch, die Projektion annähernd wie bei den modernen Schiebetachymetern übermittelt wurde.

Bei dem älteren Branderschen Meßtisch (1767, 1772) war der Vertikalkreis an einer am Rande der Tischplatte mittels Klemmschraube gehaltenen Nebenregel angebracht. Dieses zweite Fernrohr, das der auf dem Tisch befindlichen Kippregel glich, sollte dem Stand des Tisches während der Meßoperation unverrückt gewährleisten. Bei dem 1774 abgeänderten Meßtisch ist dieser Vertikalkreis an der Kippregel selbst befestigt.

Einen Vertikalkreis gleicher Konstruktion und Teilung besaß das 1774 beschriebene Scheibeninstrument. Die Ablesung erfolgte nur durch ein an einem Haar aufgehängtes Lot, doch habe ich bei späteren Branderschen Kippregeln und Scheibeninstrumenten auch am Vertikalkreis Nonien vorgefunden.

Ein Horizontalkreis findet sich auch an den älteren Branderschen Universalmeßtischen vor. So besaß der Meßtich von 1767 und 72 einen in die Tischplatte eingelassenen messingenen Halbkreis vom Radius 0,3248 m, der von der Mitte aus nach links und rechts in zweimal 90^0 oder 2 Quadranten von $^1/_2$ zu $^1/_2{}^0$ geteilt war. Das messingene Kippregellineal war an seinem einen Ende vermittels einer Schraube im Zentrum des Limbus angeschraubt. Über der Gradteilung war am Lineal ein Arm, in den eine runde Büchse mit einem Planglas paßte, befestigt. Auf der unteren Fläche dieses Glases war ein zarter Strich parallel zur Fase des Lineals gezogen, mit dessen Hilfe die grobe Ablesung erfolgte. Die genauere Bestimmung der Horizontal- und Vertikalwinkel geschah durch die beiden Fernrohre. Im Brennpunkt des Objektivs (genau in Gegenstandsweite des Objektivs) befand sich ein Glasmikrometer, dessen Skala bei der Kippregel horizontal, bei dem an der Seite des Tisches befindlichen Fernrohr vertikal gestellt war. Die mittlere Objektivbrennweite betrug etwas über 1 par. Schuh = 0,324 m. Die Mikrometerintervalle waren für diese Brennweite berechnet und zwar so, daß zwischen zwei Mikrometerteilstrichen 2 Minuten abgelesen wurden. Da auf dem Mikrometer 30 Intervalle nach links und rechts aufgezeichnet waren, so konnten damit Winkel bis zu 2 Grad gemessen werden. Das Gesichtsfeld war bedeutend größer, doch weil die Winkel und ihre Abschnitte sich nur bei den ersten Graden in angenähert gleichem Verhältnis befinden, erschien es Brander nicht ratsam, die Teilung weiter auszudehnen.

Sollte nun ein horizontaler Winkel gemessen werden, so las man zunächst auf dem Limbus z. B. $21^0\,30'$ ab. Stand nun der Strich des am Lineal der Kippregel befindlichen Glases näher bei $21^0\,30'$ als bei 22^0, so stellte man die Regel auf 21^0 und sah dann zum zweiten Male durch das Fernrohr. Ein Gegenstand, der erst genau auf dem Mittelstrich des Mikrometers zu sehen war, würde sich jetzt 4 Subtensen seitlich abbilden. Die genaue Ablesung wäre also $21^0\,30' + 8' = 21^0\,38'$.

Durch die erste Abänderung des Meßtisches vom Jahre 1767[2]) erfuhr auch der hier angebrachte Horizontalkreis eine Veränderung. Das Tischplatt erhielt die Form eines Quadranten, der nun sowohl horizontal als vertikal verwendet werden konnte. Der Viertelkreis war aus Messing in $^1/_6{}^0 = 10'$ geteilt; die Tischplatte selbst bestand, um sie Witterungseinflüssen gegenüber widerstandsfähiger zu machen, aus weißem, dünnem Kehlheimer Marmorschiefer. Die messingne Kippregel war im Zentrum des Kreises angeschraubt und lief an ihrem anderen, sich auf dem Viertelskreis bewegenden, abgefasten Ende in einen Nonius aus, mit dem die Winkel bis auf Minuten abgelesen werden konnten.

Das Lineal besaß weiter gegen die Peripherie des Kreises zu noch zwei Löcher mit Gewinde, in denen man die Kippregel anschrauben konnte, um bei Höhenbeobachtungen, z. B. Bestimmung der Mittagslinie aus korrespondierenden

[1]) Diese Art, einen Vertikalkreis zu teilen, ist bereits in Zollmnann, Geodosiam prakticam, ausführlich beschrieben.
[2]) Sie ist in G. F. Brander, Beschreibung eines Spiegelsextanten, Augsburg 1774, 1. Beilage, beschrieben.

Sonnenhöhen, das Fernrohr überhaupt weit genug neigen zu können. Aus dem Wunsche, sehr hoch stehende Objekte beobachten zu können, ist man damals nicht auf den Gedanken verfallen, ein durchschlagbares Fernrohr zu konstruieren, was wohl seinen Hauptgrund in der beträchtlichen Länge der allgemein üblichen, gewöhnlich dioptrischen Fernrohre gehabt hat. Um vor- und rückwärts visieren zu können, konstruierte Brander eine Kippregel mit amphidioptrischem Fernrohr.

Mit einer von ihm genau beschriebenen Einrichtung des Stativs war es möglich, den Viertelskreis vertikal zu stellen. An der unteren Tischfläche war ein Fernrohr so festgeschraubt, daß seine optische Achse parallel war mit der durch das Zentrum des Quadranten und den 90^0 Teilstrich des Kreises gedachten Linie. Die Ablesung auf dem bis zu $10'$ geteilten Kreis erfolgte mit einem Lote. Im Tubus war noch ein Mikrometer eingesetzt, durch das die Vertikalwinkel bis auf 1 Minute nach der schon beschriebenen Art bestimmt wurden.

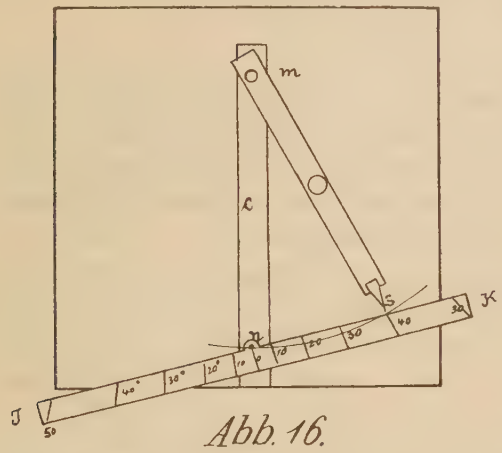


Abb. 16.

Der 1773 beschriebene Meßtisch besaß keinen Horizontalkreis mehr.[1]) Das Messen der Horizontalwinkel erfolgte hier mit dem Distanzmeßtubus, dessen Gesichtsfeld mittels zweier Okulare auf $14—15^0$ erweitert war. Er war drehbar auf dem Meßtischstativ befestigt und ließ sich mit drei Stellschrauben und einer Libelle horizontal stellen. Die Meßtischplatte wurde an zwei Führungsleisten auf das Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld aufgeschoben.

(Fig. 16). Auf dem in den Tisch eingelassenen, messingenen Lineal L war um m drehbar das Lineal der Kippregel, um n drehbar das bis zu 50^0 nach links und rechts geteilte Lineal JK aufgeschraubt und zwar so, daß $ms = mn$ war. Die Linealteilung war nicht gleichmäßig wie die Skala des Spiegelsextanten. Die Winkel waren hier gleich in Intervallen von 10 zu $10'$ aufgetragen. Die Ablesung des Horizontalwinkels bis auf einzelne Minuten konnte mittels einer im Kippregeltubus, der hier beiläufig aus Holz verfertigt war, angebrachten Skala erfolgen, auf der 10 Intervalle zu je $1'$ links und rechts vom vertikalen Mittelstrich eingerissen waren.

Das Gutachten Prof. Lamberts über diesen Tisch findet sich in einem Brief vom 19. Februar 1774 an Brander. Er sagte: „Was nun den neuen Meßtisch betrifft, so finde ich denselben, überhaupt betrachtet, gut ausgedacht. Nur ist der Begriff, den ich mir von der Mensula praetoriana mache, etwas eingeschränkter. Ich glaube nämlich, die Mensula sei nicht zum Winkelmessen, sondern zum unmittelbaren Abzeichnen des Feldes bestimmt, wenn dieses aus zwo oder mehreren Stationen gemessen wird. Nun hat man zwar nicht viel andere Namen vorrätig; denn das Wort Astrolabium sollte wohl nicht bei Feldmessern üblich sein. Indessen mag die Gewohnheit viel und damit konnte hier von einem geradlinichten Astrolabio die Rede sein."

Er erörtert dann noch die Möglichkeit, einen Vollkreis in die Tischplatte einzulegen, sodaß ein ordentliches Astrolabium daraus würde.

Schon in der ersten Beschreibung seines Universalmeßtisches 1767 gibt Brander den von ihm erfundenen (siehe Lambert-Branderscher Briefwechsel 20. April 1767) dreispitzigen Zirkel und eine damit auszuführende mechanische Lösung der Pothenotschen Aufgabe an. Prof. J. Tob. Mayer (Sohn) empfahl in seiner praktischen Geometrie die Brandersche mechanische Lösung ganz besonders.

Im Drehpunkt beider Schenkel stand eine Spitze. Auf beiden Schenkeln, die mit Teilungen versehen waren, konnten die beiden anderen Spitzen verschoben werden. Bei Lösung der Aufgabe wurden die drei Zirkelspitzen so gegeneinander gestellt, daß sie ein verjüngtes Bild von dem in der Natur gegebenen Dreieck darstellten. Hierauf wurden die drei Spitzen auf die drei entsprechenden, von einem willkürlichen Punkt gezogenen Visierlinien eingestellt, wodurch die Lage des 4. angenommenen Punktes gegen die drei gegebenen festgelegt war.

Der 1768 verfertigte Ingolstädter astronomische Quadrant[2]) hielt $3'\ 1''$ franz. $= 1{,}001$ m im Radius und besaß zwei Teilungen, bei denen sich genau gegenüber stehende Teilstriche zu 90^0 ergänzten, und jeder Grad in 6 Teile zu $10'$ zerlegt war. Auf dem über der Teilung befindlichen Glasnonius waren $90'$ in 10 Teile geteilt, so daß mit ihm noch 1 Minute mit einer Lupe abgelesen werden konnte. Eine an der Peripherie laufende, mit einer Teilscheibe versehene

[1]) Er ist beschrieben als 2. Beilage zu Branders Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsburg 1774. Eine weitere Beschreibung befindet sich in einem Brief Branders an Lambert vom 17. Juni 1774.

[2]) Die Zeichnungen dazu von C. Ch. Hoeschel befinden sich in der schon erwähnten, von P. Caes. Ammann S. J. verfaßten Beschreibung.

Mikrometerschraube gestattete jede Minute in 60 Teile zu zerlegen, so daß auf der Teilscheibe Winkel bis auf 1 Secunde abgelesen werden konnten. Das um das Zentrum des Quadranten bewegliche Fernrohr besaß im Objektivbrennpunkt ein vermittels einer Mikrometerschraube senkrecht zur optischen Achse, tangential zum Kreisbogen verschiebbares Glasmikrometer, mit dem nebenbei die Ablesung der Sekunden auf der Schraubenteilscheibe kontrolliert werden konnte. Das Fernrohrmikrometer glich völlig dem in de la Laude's Astronomie § 1880 beschriebenen Fig. 159—167 gezeichneten Mikrometre du Quart de Cercle mit Glaslinien.

Die Teilung am Spiegelquadranten.

Brander hat das Verdienst, den von J. Hadley, eigentlich Newton, erfundenen Spiegelquadranten durch Anbringung eines künstlichen Horizonts zur Verwendung auf dem Festland brauchbar gemacht zu haben.[1]) Die Wirkungsweise des Instruments[2]) beruht auf folgendem Satz: Zwei auf einer Ebene senkrecht stehende Spiegel bilden miteinander einen Winkel, der halb so groß ist, wie der Winkel, den ein auf dem ersten Spiegel einfallender Lichtstrahl (der parallel mit der Ebene ist, auf der die Spiegel stehen) mit dem vom zweiten Spiegel reflektierten Strahl bildet.

Der Radius des Quadranten betrug $1' = 0{,}325$ m. Der Brandersche künstliche Horizont wurde durch eine Libelle hergestellt, die an den beiden äußeren hölzernen Speichen des Quadranten befestigt war und deren Achse parallel mit der Fernrohrachse stehen mußte. Beim Gebrauch des Instruments zur Messung eines Höhenwinkels wurde nun die Libelle zum Einspielen gebracht, so daß das Fernrohr horizontal zu liegen kam. Hierauf wurde der Alhydadenarm so lange gedreht, bis das Objekt, dessen Höhenwinkel gemessen werden sollte, im Mikrometer des Fernrohrs (Kreuzstriche) erschien. Da der vom Alhydadenarm beschriebene Winkel gerade halb so groß war, als der Höhenwinkel des Objekts, so genügte es, wenn der Quadrant nur ein Kreissegment war, dessen Zentriwinkel 45^0 betrug. Es waren auf dem Limbus 45^0 aufgetragen, wobei jeder halbe Grad als ganzer zählte und somit bei 10^0. 20^0 . . . bei 45^0, 90^0 stand. Der Limbus war bis auf Grade geteilt, bei jedem 5. Grad war die Zahl darüber geschrieben. Auf dem Nonius waren 31 dieser Grade des Limbus in 30 Teile geteilt, so daß die Noniusangabe $d = {}^1/_{30}{}^0 = 2'$ betrug. Es konnte also bis auf 2 Minuten abgelesen und 1 bis $^1/_2$ Minute geschätzt werden. Dieser Nonius war so am Alhidadenarm angeschraubt, daß sein Nullstrich in der Ebene des beweglichen Spiegels lag, und von da aus nach beiden Seiten 15 Nonienteile aufgetragen waren.

Ein deutliches Bild von der Leistungsfähigkeit dieser Instrumente zur damaligen Zeit geben die Worte Branders: „Allein dieses neue hier beschriebene Instrument ist so genau, daß man sogar den Unterschied einer einigen Minute bemerken kann. Und es ist dieses eine so große Richtigkeit, daß solche bei denjenigen die höchste Verwunderung erregen muß, die gewohnt sind, nur mit Instrumenten von solcher Größe, wo 3—4 Minuten nicht gemerkt werden, umzugehen."

Auch über die Unzulänglichkeit der damals noch viel gebräuchlichen Transversaleneinteilung[3]) spricht sich Brander hier einmal aus und wundert sich, daß sie so lange üblich geblieben und noch Liebhaber finden, die dafür eingenommen sind. Er sagt: „Wenn ein solcher Quadrant, wie er hier beschrieben, durch Transversallinien von 2 zu 2 Minuten sollte eingeteilt werden, so würde erfordert, daß dieser Limbus in dreimal 90 oder 270 Teile geteilt wäre und 10 konzentrische Zirkel darauf angebracht würden. Hierauf mußten diese 270 Teile durch die 10 Zirkel mit Diagonalstrichen zusammengezogen werden, so daß man 2700 Intersektionen dadurch erhielte. Nun erwäge man den engen Platz und urteile selbst, wie weit man sich durch das zählen und schätzen eine Richtigkeit versprechen könne."

[1]) Am 16. Februar 1776 schrieb Brander an Kennedy, den Sekretär der kurbayerischen Akademie (der Brief befindet sich in den Briefen der Akad. d. Wissenschaften 1776): „Jetzo haben wir ein Instrument fertig gebracht, welches die kurfürstliche Akademie wohl nicht ungnädig aufnehmen dürfte. Es ist ein Spiegelquadrant nach Hadleys Erfindung und Theorie nur mit dem Unterschied, daß wir einen künstlichen Horizont dabei angebracht haben, und also das Instrument zu Lande sowohl zur Geometrie als Astronomie brauchbar ist. — Als Hadley dieses Instrument erfunden, muß er im Himmel gelebt haben, denn es ist ein unschätzbarer Gedanke, und zu wünschen, daß dieses Instrument unter den Teutschen Freunde finde."

[2]) Er ist beschrieben in: G. F. Brander, Beschreibung eines Spiegelquadranten nach Hadleys Theorie mit einem Artifikalhorizont. Augsburg 1777.

[3]) Sie ist an den beiden Mauerquadranten im Treppenhaus des deutschen Museums zu München zu sehen.

Das Scheibeninstrument.

Aus ihm hat sich der heutige Theodolit entwickelt. Das 1774 von Brander beschriebene Scheibeninstrument trägt bereits die charakteristischen Formen des Theodoliten. Aber schon viel früher hatte er Scheibeninstrumente verfertigt, die dem von 1774 ähnlich waren. In einem unter den Briefen der Akademie der Wissenschaften liegenden Brief Branders an Herrn v. Limprunn vom 28. Juli 1758 schreibt er: „Die Stelle eines kleinen Azimutalquadrant als eines Parallacticum Cassiniani wie jenes in Pollingen vertritt das neue Scheibeninstrument und ist viel bequemer im Gebrauch als gedachtes Parallacticum."

Der Horizontalkreis[1]) besass einen Durchmesser von 1 Schuh = 0,325 m der in 360 ° eingeteilt war. Die Bezeichnung lief von 10 zu 10 Grad fort. Über dem Horizontalkreis, um seinen mittleren Zapfen, bewegte sich ein breites Lineal. Auf diesem war ein Aufsatz mit vertikalem Halbkreis und Fernrohr aufgeschraubt. Die Form dieses Aufsatzes und Fernrohrs war die der Kippregel des mit den ersten Abänderungen versehenen Meßtisches vom Jahre 1767, auch wurde hier der Vertikalkreis durch Zähne und Triebrad bewegt. Das breite Lineal hatte auf der genau mit dem horizontalen Teilkreis abschneidenden Fase einen Nonius, auf dem 13 ° in 12 Teile zerlegt waren, also die Angabe d des Nonius: $d = \frac{1}{12}{}^{0} = 5$ Minuten betrug, so daß man mit ihm von 5 zu 5 Minuten ablesen konnte. An der andren Seite stand das Lineal etwas über den Horizontalkreis vor, und konnte mittels einer Stellschraube, die auf einem gleichfalls um die Alhidadenachse drehbaren, mit einer Klemmschraube versehenen, Arm ihre feste Unterlage fand, eine Feinbewegung erfahren.

Das von Brander »Observatorium portatile« genannte Instrument findet 1777 zum erstenmal Erwähnung in einem Verzeichnis einiger neuerdings fertig gewordenen Instrumente. Bei der von Hoeschel 1783 herausgegebenen Beschreibung eines katoptrischen Zirkels ist ein Verzeichnis der damals im Branderschen Institut zu erhaltenden 102 Instrumente und Apparate angeschlossen, in dem es abermals angeführt ist. 1794 beschreibt nun Hoeschel dieses mit einigen Verbesserungen versehene Instrument unter dem Namen eines Winkel- oder Scheibeninstruments, welches nicht nur zu Partikular- sondern auch bei größeren Landesvermessungen die größte Genauigkeit gewährleistet.

In dieser Beschreibung sagt er, daß sein Instrument um die Hälfte billiger als die neuesten englischen Theodoliten war und nicht teurer zu stehen kamen als das 1774 von Brander beschriebene Scheibeninstrument.

Schon bei dem 1777 erwähnten weiter ausgebildeten Scheibeninstrument oder Theodoliten wurden die Horizontal- und Vertikalwinkel nicht mit Nonien, sondern durch die Umdrehungen von Schrauben ohne Ende gemessen, die tangential auf die Peripherien der Teilkreise wirkten. Der Durchmesser des Horizontalkreises betrug 6,5 Zoll = 0,1759 m. Er war in 360° geteilt. Die Kreisperipherie hatte 360 Einschnitte, so daß durch jede Umdrehung der Schraube ohne Ende der Kreis um 1° fortrückte. Auf der Schraubenachse befand sich eine Scheibe, die in 60 Teile zerlegt war, sodaß $1/60^{0} = 1'$ abgelesen und kleinere Teile geschätzt werden konnten. Der Vertikalkreis besaß die gleiche Teilung, die sich aber auf beiden Seiten nur bis zur Höhe von 90° erstreckte. Das Fernrohr, seit 1783 ein achromatisches, lag in zwei Armen, die die Verlängerung des oben offenen Vertikalkreises bildeten.

Die Ablesung der Minuten erfolgte hier in gleicher Weise wie beim Horizontalkreis. Die Kreisbewegung mit Schrauben ohne Ende hatte zunächst große Mängel, die in den ungenügenden Hilfsmitteln zur Herstellung der Zahnkurven an den Kreisperipherien zu suchen waren. Auch gelang es Brander, zunächst nur die Mikrometerschrauben so herzustellen, daß der tote Gang nicht störend wirkte.

Erst Hoeschel vermochte, wie er 1794 in der Beschreibung eines Winkel- oder Scheibeninstruments sagt, im Jahre 1790 nach vielem Zeit- und Kostenaufwand eine Bearbeitungsmethode zu finden, mittels der er „Winkel durch Schraubenumgänge ohne alle Tabelle auf das genaueste bestimmen konnte."

Daß die Winkelmessungen, infolge der den Instrumenten dieser Zeit anhaftenden technischen Mängel, durchaus nicht immer ohne starke Erschütterungen und Verschiebungen von statten gingen, läßt sich wohl am besten daraus ersehen, daß alle diese Meßinstrumente mit einem zweiten, feststehenden Fernrohr versehen waren, mit dessen Hilfe man jederzeit bestimmen konnte, ob eine Verschiebung während der Meßoperation stattgefunden hatte. Erst bei dem 1783 angeführten Theodoliten fiel das zweite Fernrohr weg.

Ein allen geodätischen Winkelmeßinstrumenten des 18. Jahrhunderts anhaftender Fehler war der Mangel an

[1]) Siehe: Beschreibung des ganzen Scheibeninstruments. 3. Beilage zu G. F. Branders Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsburg 1774.

Vorrichtungen zur Berichtigung und Kompensation vorliegender Ungenauigkeiten. So wurde z. B. an dem 1774 von Brander beschriebenen Scheibeninstrument nur an einem Nonius abgelesen. Die Korrektion eines durch Exzentrizität der Alhidade auftretenden Fehlers, der heute durch diametrale Nonienablesungen eliminiert wird, war somit unmöglich. Mit anderen Fehlern verhielt es sich ebenso. Prof. Mayer (Sohn) in Göttingen hat in seinem vortrefflichen Werk: „Gründlicher Unterricht zur praktischen Geometrie" vielfach Fehleruntersuchungen angestellt, doch als Abhilfe wird eben meist nur möglichst gewissenhafte Anfertigung des Instruments, teilweise Fehlerbeseitigung durch Rechnung vorgeschlagen.

Die optische Beschaffenheit der Branderschen Messinstrumente.

Die peinlich saubere, an die Präzision moderner Meßinstrumente erinnernde äußere Ausführung einiger, besonders gegen Ende des 18. Jahrhunderts im Institut von Brander und Hoeschel entstandener Theodoliten, die man im Deutschen Museum für Meisterwerke der Technik bewundern kann, ließen wohl eine größere Genauigkeit der damit erzielten Resultate erwarten. Einesteils das Fehlen einer idealen Kreisteilmaschine, zum anderen die noch nicht weit genug gediehene Erkenntnis der Theorie der Linsen und zu geringe Erfahrung in der Zusammensetzung der Materie des Glases, machten es zunächst unmöglich, weitgehendere Genauigkeit der Meßresultate zu erzielen. Es blieb den beiden mit einem außerordentlichen Blick für das Praktische und tiefen theoretischen Kenntnissen versehenen Männern Reichenbach und Fraunhofer zugedacht, durch ihre geniale Erfindung der Kreisteilmaschine und Ausgestaltung der Optik die Leistungsfähigkeit geodätischer und astronomischer Instrumente auf eine nie geahnte Höhe zu bringen.

Wohl mit Recht kann man sagen, daß die optischen Konstruktionsglieder die schwächsten Teile der Branderschen Instrumente waren, aber ebensowenig läßt sich bestreiten, daß er diesen Mangel nicht schon längst erkannt hätte. Seine durch den Lambert-Branderschen Briefwechsel zu verfolgenden fortgesetzten Versuche, das Linsenmaterial zu verbessern, und der Gedankenaustausch mit Lambert über Berechnungsmethoden lassen erkennen, daß er auf Vervollkommnung der optischen Eigenschaften seiner Instrumente unablässig bedacht war.

Daß er auch auf diesem Gebiet nicht vergebens gearbeitet hat, ersieht man aus seinen von Erfolg gekrönten Bemühungen, denn nach jahrelangen Versuchen gelang es ihm am Anfang des Jahres 1773 ein achromatisches Fernrohr herzustellen, was er in einem Brief vom 4. Mai 1773 Prof. Lambert mitteilt: „Endlich einmal habe ich auch einen Tubum achromaticum von $2^1/_2$ Schuh lang zu stande gebracht und mit einem Dollondischen zu gleicher Länge verglichen. Die Vergrößerung, Deutlichkeit und Campus war mit demselben gleich, letzteres wohl bei dem meinigen fast noch größer, aber keine so große Apertur leidet das Objektiv des meinigen wie das Dollondische. Zu zweimalen habe ich Crown- und Flintglas von London kommen lassen, womit ich aber am allerwenigsten reussiret habe."

Das einfachste, in der Mitte des 18. Jahrhunderts bei gewöhnlichen Feldmessungen noch sehr viel gebräuchliche Instrument zum anvisieren eines Punktes war das Diopterlineal. Um die Visierebene im Objektivdiopter zu fixieren, empfiehlt Prof. Dr. F. Meinert in seinen Anfangsgründen der Feldmeßkunst (Halle 1794) in den Ausschnitt eine dünne Darmsaite, ein Pferdehaar oder einen feinen Silberfaden zu spannen. Brander setzte an seinen späteren Instrumenten in den Objektivausschnitt ein Glasplättchen, in das eine zarte senkrechte Linie geschnitten war, auch führte er die Okulardiopter anstatt mit einem Visierspalt mit feinen, senkrecht untereinander liegenden Löchern aus. Bei den alten Diopterlinealen lag die Visierebene meist in der Mitte des Lineals; später wurde sie, was natürlich weit günstiger war, durch die Linealkante gelegt.

Prof. J. T. Mayer gibt in seiner praktischen Geometrie, 1. Band, S. 518, den durchschnittlichen Visurfehler für Diopter zu 2′ an, während nach Stampfers Versuchen, allerdings 80 Jahre später, bei zweckentsprechender Konstruktion in Bezug auf Weite der Okularöffnung, Fadenstärke und Diopterdistanz der Fehler zu 15″ anzunehmen ist.[1])

Brander bediente sich der Diopter bei kleinen Winkelmeßinstrumenten, den Astrolabien, die in ihrer einfachsten Form als halbe und ganze Astrolabien mit und ohne Bussole von Prof. Dr. Meinert beschrieben und gezeichnet worden sind. Sie besaßen meistens ein Paar Versicherungsdiopter, die nicht drehbar waren.

Die Branderschen, mit Dioptern versehenen Astrolabien, erhielten ihre Horizontalstellung durch eine sogenannte Nuß, ein Kugelgelenk, welches mittels einer anschließenden Zwinge auf einen Spazierstock oder ein Stativ aufgeschraubt werden konnte. Auch Hoeschel beschreibt 1797 zwei Astrolabien, die denen, die gegen das Lebensende Branders in

[1]) Diese Angaben sind veröffentlicht im 18. Band der Jahrbücher des Wiener polytechnischen Instituts.

seinem Institut verfertigt wurden, fast gleich kommen. Sie besaßen beide einen horizontalen Vollkreis, der bei dem einfachen in Grade, bei dem zusammengesetzten in halbe Grade geteilt war. Mittels Nonius ließen sich die Winkel bis auf 6 bezw. 3 Minuten ablesen. Die Horizontalstellung erfolgte durch eine Nuß, deren Einrichtung[1]) Hoeschel eingehend beschreibt.

Bei der anderen Art konnte eine Horizontalstellung des Instruments mittels dreier Stellschrauben und einer neben dem Fernrohr parallel zu seiner Achse befindlichen Libelle bewirkt werden. Zur Kontrolle hatten auch diese beiden Astrolabien Versicherungsdiopter, die unter dem Horizontalkreis angebracht waren.

Die schon im Altertum bekannten (man gibt Hipparch als den Erfinder an) Astrolabien waren, wie aus Mayers praktischer Geometrie und anderen Werken der Zeit zu ersehen ist, fast ausschließlich nur mit einem Horizontalkreis versehen.[2]) Die Alhidadenregel besaß einen Nonius und meist eine Mikrometerschraube zur Feinbewegung; die Visur erfolgte mit Dioptern, die umkippbar auf der Alhidade befestigt waren. Für Vertikalwinkelmessungen wurde das Astrolabium vermittels des Kugelgelenks in die Vertikalebene gedreht. Professor Tobias Mayer (Vater) konstruierte eine Art Astrolabium, bei dem ein Fernrohr auf der einen messingenen Regel befestigt war, sich also nur in der Kreisebene bewegen ließ. Er nannte dies Instrument Rezipiangel[3]) und wendete dabei die von ihm erfundene 1752 der Göttinger Königl. Sozietät der Wissenschaften bekannt gegebene Methode der Winkelrepetition an. Hierbei erfolgte die Einstellung des Fernrohrs stets durch Drehen des ganzen Instruments auf dem Stativzapfen. Die Einstellung auf das zweite Objekt geschah sodann mit der Alhidade, die während der ersten Einstellung mittels des Teilkreises mit der an der Peripherie desselben wirkenden Halteplatte befestigt war. (Siehe Mayer, praktische Geometrie, Band 1. Tafel V, Fig. LVIII, LX, LXI). Tycho de Brahe verwendete bereits in der Astronomie eine Kombination von Horizontal- und Vertikalkreis mit Dioptern, doch scheint dieses Instrument in Deutschland gar nicht bekannt oder vergessen worden zu sein. Die Engländer versahen es mit Fernrohren und Mikroskopmikrometern und entwickelten daraus den Theodoliten.

In Deutschland nahm Brander diesen Gedanken auf. Ob er dabei von Tycho de Brahes Kombination wußte, läßt sich nicht feststellen, doch glaube ich, daß er das 1774 beschriebene Scheibeninstrument (Theodolit) als eine Kombination des abgeänderten Meßtisches von 1767 und des allgemein gebräuchlichen Astrolabium selbständig erfunden hat.

Einen weiteren Gebrauch von der Visur mittels Diopterlineal machte Brander bei seiner vielseitig zu verwendenden, für genaue Zeitbestimmungen konstruierten Sonnenuhr.[4]) Das Objektivdiopter bestand hier aus einer kleinen Konvexlinse, das Okulardiopter aus einem dünnen versilberten Blättchen, auf das 4 Linien gerissen waren, die in ihrer Mitte ein Quadrat ausschnitten, in das das Bild der Sonnenscheibe, infolge der entsprechend gewählten Brennweite des Objektivglases, genau hineinpaßte. Nach Horizontalstellung der bis auf zwei oder nach Wunsch auch bis auf eine Minute geteilten Aequatorialscheibe konnte die Sonnenuhr auch als Scheibeninstrument verwendet werden. Die Horizontalwinkel wurden bis auf 15 Minuten abgelesen. Hierbei wurden an Stelle der zur Sonnenbeobachtung nötigen Diopter zwei andere in die Fassungen gesetzt. Das Okulardiopter war ein einfaches Diaphragma, das Objektivdiopter ein Glasplättchen mit zwei sich senkrecht kreuzenden Linien.

Obgleich die Beobachtung mittels der Diopter in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts für die Zwecke der niederen Godäsie noch vielfach empfohlen wurde,[5]) machte Brander von diesem optischen Konstruktionsglied doch nur soweit Gebrauch, als einesteils derartige Instrumente von ihm verlangt wurden, anderseits die Genauigkeit der Beobachtung keine schärferen Hilfsmittel verlangte. So weit es in seiner Macht lag, hat er schon frühzeitig durch Anbringung astronomischer Fernrohre an Meßtischkippregeln und Scheibeninstrumenten die Meßresultate zu verbessern gesucht.

In den Beschreibungen seiner Instrumente macht Brander selten genaue Angaben über die Brennweiten der Objektiv- und Okulargläser. Ich werde mich bemühen, aus den wenigen vorhandenen Mitteilungen in seinen Beschreibungen, den Lambert-Branderschen Briefwechsel, seinen Hinweisen auf de la Laude's Astronomie, und den mir von Herrn

[1]) C. Ch. Hoeschel, Kurze Beschreibung eines Astrolobs oder Scheibeninstruments. Augsburg 1797.

[2]) Bernh. Canzler besaß ein von einem Mechaniker Ebersperger in Nürnberg verfertigtes Astrolab. Er sagt, daß „dieser Künstler im Einteilen mathematischer Instrumente eine besondere Gabe hat." Hier hatte der Horizontalkreis einen Durchmesser von 1 Schuh und war durch Transversallinien von 10 zu 10 Minuten eingeteilt. Bernh. Canzler, Anweisung zum Land- und Feldmessen. Nürnberg 1750. Vorrede Seite 3.

[3]) Die Rezipiangel ist auch von seinem Sohn Prof. J. Tob. Mayer in seiner praktischen Geometrie, 1. Band, S. 395 beschrieben und Tafel IV, Fig. L und LI gezeichnet. Göttingen 1792.

[4]) Eine ganz ähnliche hat Hoeschel unter dem Titel: Kurze Beschreibung einer parallaktischen oder aequatoria-Sonnenuhr von dioptrischar Einrichtung, Augsburg 1797, beschrieben.

[5]) So findet sich in einem Verzeichnis der Instrumente, die ein geprüfter Feldmesser nötig hat, keines, welches mit einem Fernrohr versehen wäre. In: Dr. F. Meinert, Feldmeßkunst. X. Kap. Art. 2.

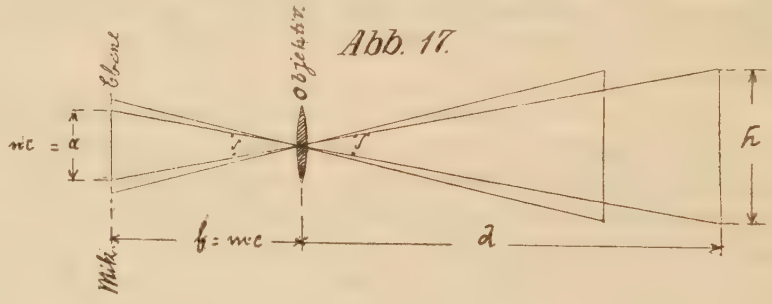
Professor Dr. Max Schmidt in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellten, dem geodätischen Institut der Kgl. Technischen Hochschule in München gehörigen Branderschen Instrumenten, soweit möglich, genaue Angaben über die von Brander angewandten optischen Konstruktionen zu gewinnen.

Das von Brander Polymetroskopium dioptricum genannte Instrument (Augsburg 1764) dürfte wohl das erste mit Fadendistanzmesser versehene Fernrohr gewesen sein. Die beiden in demselben befindlichen Gläser waren Konvexlinsen gleicher Brennweite. Eine Vergrösserung wurde aber hiermit nicht erzielt; dafür aber war das Gesichtsfeld auf 18 — 20 Grad erweitert. Im Brennpunkt beider Gläser war ein Glasmikrometer eingesetzt, dessen Intervalle die Gesichtswinkel von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Grad nach beiden Seiten der optischen Achse bis zu 10 Grad zu messen gestattete. In seiner ersten Ausführung 1763 genügte dieses Instrument noch nicht allen Anforderungen. So schrieb Professor Lambert am 16. August 1767, daß das Bild auf dem Mikrometer seine Stelle ändere, und dies geschah, je deutlicher das Bild war, desto mehr. In Folge seiner Kurzsichtigkeit war für ihn eine Mikrometerparallaxe vorhanden, und so half er sich dadurch, daß er das Okular näher an das Mikrometer heran brachte, was allerdings erst möglich war, nachdem er von dem Rohr, in dem das Okularrohr stak, $^1/_2$ Zoll = 1,35 cm abgeschnitten hatte. Auch brachte Lambert auf dem ausziehbaren Objektivrohr noch eine Skala in Teilen des Mikrometers an, mit der er die Objektivbildweite ablas.

Es war bei diesem Distanzmeßfernrohr erster Ausführung nicht möglich, das Mikrometer in die deutliche Sehweite des Okulars zu bringen, wenigstens nicht für stark kurzsichtige Augen.

Diese Unvollkommenheit ist bei dem Fernrohr der 1769 beschriebenen „Libel oder Nivellirwage“ vollkommen behoben. In der dort beigegebenen Beschreibung hat Brander die von Lambert in einem Brief vom 16. August 1767 gegebene Erklärung der 1. durch ungenaues Einstellen des Mikrometers auf die deutliche Sehweite und 2. des Objektivbildes auf das Mikrometer entstehenden Parallaxe beidrucken lassen. Bei der ersten Ausführung war der Abstand des Okulars vom Mikrometer konstant, etwas größer als die Brennweite angenommen, was eine Distanzmessung zu nahe gelegener Objekte wegen der zu starken Abweichung der Bildweite des Objektivs von seiner Brennweite unmöglich gemacht hätte.

(Abb. 17). Brander hatte die Bildweite konstant angenommen, weil er auf seinem Mikrometer gleich die Winkel ablesen wollte. Er sagte, der Abstand zwischen zwei Mikrometerteilstrichen entspricht einem Winkel $\delta = 30'$, was er, genau genommen, nur bei konstant b ($d = \infty$) sagen durfte. Auf Lamberts Anregung brachte aber Brander eine Skala an, die den Abstand des Mikrometers vom Objektiv in Teilen der Mikrometerteilung angab und stellte bei jeder Distanzmessung die Proportion auf:



$$\frac{d}{h} = \frac{b}{a}$$

$$d = h \cdot \frac{b}{a} \qquad \text{dabei war } a = \frac{n \cdot c}{m \cdot c}\ b$$

$$\text{also } d = h \cdot \frac{m}{n}$$

In keiner Branderschen Schrift über Distanzmeßfernrohre wird die Objektivbrennweite b mittels der Gleichung $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{b}$ eliminiert, weshalb auch immer eine Skala, die den Mikrometerabstand vom Objektiv angibt, nötig war.

Die Fassung des Okulars schloß sich am vorderen Brennpunkt und ließ hier nur eine Öffnung frei, deren Durchmesser 1 par. Linie = 2,25 mm betrug.

Brander führte das Instrument in zwei Arten aus. Einmal stand das Fernrohr vertikal. Mit einem, vor das Objektiv gestellten, drehbaren Spiegel wurden hier die beobachteten Gegenstände in das Fernrohr reflektiert. Bei der anderen Art lag das Rohr horizontal in einer Art Stativ. Vor das Okular war hier ein Spiegel unter 45° gestellt, der den austretenden Lichtbüschel in die, im verlängerten Okularrohr befindliche Sehöffnung ablenkte.

Die Kippregeln der Branderschen Meßtische besaßen im allgemeinen dioptrische Fernrohre mit bikonvexen Linsen. Bei dem 1767, in 2. Auflage 1772, beschriebenen Meßtisch waren Okular- und Objektivrohr in eine cylindrische, messingene Hülse gesteckt und konnten in dieser nach Bedarf verschoben werden. Die Objektivbrennweite betrug 1 bis $1^1/_2$ par. Schuh = 0,325 m bis 0,487 m.[1]) Brander sagt im Lambertschen Briefwechsel: „. . . . von ganz Messing

[1]) Ein von mir im deutschen Museum untersuchtes polymetrisches Dioptron, was offenbar aus späterer Zeit stammt, besaß folgende Maße: $\begin{matrix} F \\ \text{Obj.} \end{matrix} \begin{matrix} = 7{,}0 \\ 6{,}9 \end{matrix}$ cm; $\begin{matrix} f \\ \text{Ocul.} \end{matrix} \begin{matrix} 5 \text{ cm} \\ = \infty \end{matrix}$

würden sie von dieser Länge zu schwer ausfallen, ausgenommen kürzere von 15—18 Zoll, wie ich sie an die geometrischen Regeln und Scheibeninstrumente pflege anzubringen."

Die Mikrometerskala war im Objektivrohr eingeschraubt und zwar in solcher Entfernung, daß alle Objekte, die sich 50 Schuh = 16,24 m und weiter weg befanden, ohne daß eine merkliche Parallaxe entstanden wäre, beobachtet werden konnten.

Auf dem Mikrometer, dessen geteilte Seite dem Objektivglas zugewendet war, entsprach der Abstand zweier Teilstriche einem Winkel von 2 Minuten. Bei einer im geodätischen Institut der technischen Hochschule befindlichen Branderschen Kippregel beträgt die Objektivbrennweite 42,1, 42,5 cm und die Fernrohrvergrößerung ist eine 20 fache. Eine weitere in der Sammlung des geodätischen Institus der technischen Hochschule befindliche hölzerne Kippregel von Brander besitzt die Maße: $f_{(Obj.)} = 40{,}6$, 40,5 cm; $f_{(Ocul.)} = 3{,}7$ die Fernrohrvergrößerung ist eine 11 fache.

Brander sagt in seiner Meßtischbeschreibung, daß das Kippregelokular 6 mal vergrößert und nahm, wie aus der Beschreibung einer Cam. Obscura 1775 S. 40 zu ersehen ist, die deutliche Sehweite zu 8 Zoll = 21,65 cm an, so daß die Okularbrennweite $f = \frac{w}{v} = \frac{21{,}65}{6}$ cm = 3,60 cm betrug. Dieses Kippregeldistanzmeßfernrohr hatte aber gleichzeitig noch den Zweck, die auf dem Meßtisch abgelesenen Winkel genau zu messen, wodurch ein Nonius oder Schraubenmikrometer erspart wurde. Die hierzu nötigen Operationen habe ich schon bei Beschreibung der Meßtischteilungen angegeben. Das biconvexe Okular war auch hier, wie alle biconvexen Okulare, so gefaßt, daß man das Auge nur bis auf Okularbrennweite nähern konnte.

Das bei dem abgeänderten Meßtisch von 1767 gebrauchte Fernrohr hatte dieselben Abmessungen, nur diente hier das Glasmikrometer ausschließlich zu Distanzmessungen, nicht zur Bestimmung der Minuten auf dem Horizontalkreis, weil das Kippregellineal mit einem Nonius versehen war mit dem man die Horizontalwinkel bis auf eine Minute ablas.

Die Kippregel des Meßtisches von 1773 hatte dieselben Linsen wie die vorhergehenden, nur waren hier die Rohre und deren Säulen aus Holz.

Das Mikrometer besaß links und rechts vom vertikalen Mittelstrich 10 Teilstriche, deren Abstände je 1 Minute angaben.

Distanzmessfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld.

Die Einfacheit und große Schärfe mit der man kleine Winkel innerhalb eines Fernrohrs mittels des Glasmikrometers messen konnte, erweckten in Brander und Lambert den Wunsch, auch größere Winkel damit messen zu können. Da die Verwirklichung dieses Planes Lambert und Brander so lange Zeit beschäftigten und die beiden großen Männer zu einer neuen Erfindung anregte, so will ich hier in aller Kürze die Entwicklung beider Instrumente angeben.

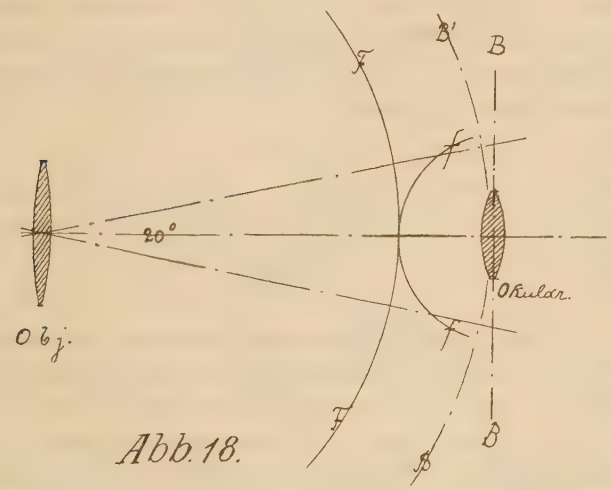


Abb. 18.

Am 30. April 1768 sprach Lambert in einen Brief an Brander den Wunsch aus mit einer Glasskala, die in einem Fernrohr angebracht werden sollte, einen Winkel von 10—20° zu messen, wobei gleichzeitig das Fernrohr 20 bis 30 mal vergrößern sollte.

Da dies aber mit einem Okular nicht möglich ist, weil das Fernrohrbild im Bogen F F das des Okulars aber auf der Fläche f f liegt, so daß an den Rändern sehr merkliche Verzerrungen eintreten, so schlug er vor, das Okular in der Ebene B B verschiebbar anzuordnen. Er betonte wohl, daß streng genommen das Okular auf dem Kreis B' B' geführt werden müsse, doch da das Gesichtsfeld 20° nicht übersteige, sei es nicht nötig, besonders wenn die Objektivöffnung klein sei.

Am 23. Mai 1768 teilt nun Brander Lambert mit, daß er bereits im Herbst 1767 diesen Versuch mit einer Camera obscura gemacht habe, deren Objektiv 1′ = 0,3248 m Brennweite hatte. Das Glas, auf dem die Skala verzeichnet war, maß 4″ = 0,108 m. Die an den Rändern auftretende Parallaxe sei nur unerheblich und würde bei größerer Brennweite ganz verschwinden. Die Skala war nach Tangentenabschnitten in Bezug auf den konstant angenommenen Radius des Objektivs geteilt. Zu nahe gelegene Objekte waren also von der

Beobachtung ausgeschlossen. Im darauffolgenden Brief gibt Lambert dem Instrument den Namen „dioptrischer Sector“ und schlägt nebenstehende Anordnung vor. (Abb. 19.) C E A B ist das hölzerne Gehäuse und der zu übersehende Winkelraum E C′ B = 30—40°. Die Höhe B D = $\frac{1}{60}$ C A, also die Vertikalausdehnung ungefähr 1°. Die Skala H F G J ist um den Objektivbrennpunkt F beweglich. Parallel mit ihr dreht sich der Schieber E B, in dem das Okular beweglich eingelassen ist. Das in C befindliche Objektiv wird ausziehbar angeordnet und die Focaldistanz C F in Skalenteilen angegeben, die Skala selbst in gleiche Teile geteilt.

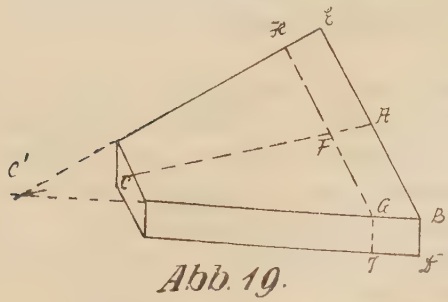


Abb. 19.

Es handelte sich nun darum, den Winkel F C f zu berechnen (Abb. 20). Da diese Rechnung, weil sie sich so oft wiederholt hätte, zu langwierig erschien, sann Lambert auf eine andere Lösung. Das ganze Problem wäre viel einfacher gewesen, wenn C F = c f wäre, denn dann wäre F f eine Sehne des Winkels F C f. An der Hand einer Figur beweist er in diesem Brief (11. Juni 1768 S. 86), daß f′ F nicht genau eine Sehne ist.

Am 14. Juli 68 schreibt Brander, daß er aus einer angestellten Rechnung die Differenz nicht merklich gefunden habe, so daß man, ohne einen großen Fehler zu begehen f F als Sehne annehmen könne. Auch schlägt er vor, diese Abweichungen in einer Tabelle, die die Differenzen zu den gemessenen f F angibt zu berechnen, so daß der wahre Winkelwert nach dieser Korrektur sofort gefunden werden könne.

Sodann ließ er einen Sector von 3′ = 0,972 m Objektivbrennweite herstellen, bei dem die Glasskala H F G in F auseinandergeschnitten war. Damit auf beiden Seiten von F unabhängig voneinander beobachtet werden konnte, und jederzeit eine Kontrolle für den unveränderten Stand des Instrumentes vorhanden war, sind 2 Okulare angebracht worden.

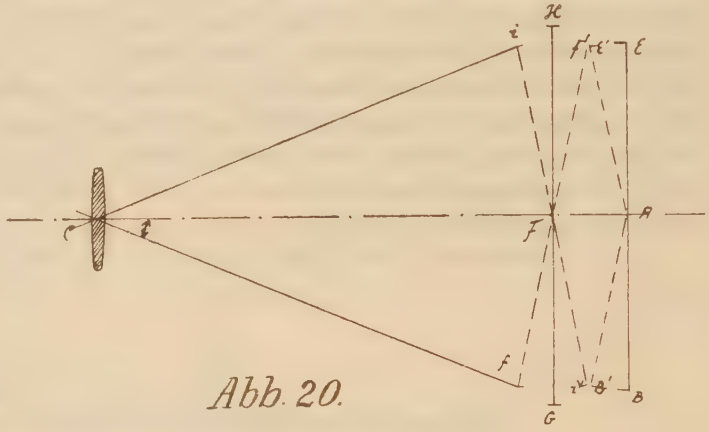


Abb. 20.

Auf dieses Schreiben antwortet Lambert, daß der Sector für kleine Winkel unstreitig zu gebrauchen sei und weist darauf hin, daß wenn nur der Winkel zwischen zwei Objekten K und L gemessen werden soll, so könne die Instrumentenachse C F auf M gerichtet werden. Dann würde das Bild beider Objektive K und L von F gleich weit entfernt sein. Die Skala H G dürfe dann immer senkrecht auf F C bleiben und das auf H G gemessene Stück sei dann wirklich eine Sehne. Dieser Vorschlag mit den von Brander angebrachten Vervollkommnungen wurde die Grundlage zu dem Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld.

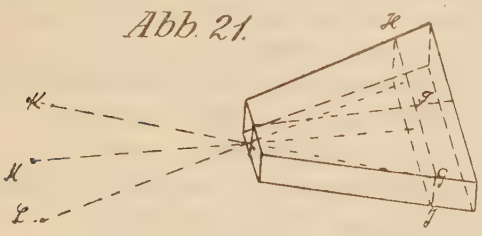


Abb. 21.

Am 8. Februar 1769 teilte Brander Lambert mit, daß er ein solches Distanzmeßfernrohr mit größeren Abmessungen ausgeführt habe. Das Objektivglas hatte 4′ = 1,28 m Brennweite. Die beiden um F drehbaren Skalen, von denen jede etwa 11 Zoll = 0,29 m lang war, waren mit Teilungen, 1″ in 120 Teile, versehen. Das von ihm 1774 beschriebene Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld hatte andere Abmessungen und die Form, die es von da ab für immer behielt.

Die Objektivbrennweite betrug hier 42″ = 1,137 m. Die Skala stand im Brennpunkt senkrecht zur Achse des Objektivs. Ihre Länge betrug 6 Zoll = 0,162 m. Sie war in Skrupel eines französischen Zolls geteilt, also 120^{IV} = 1″, so daß ein Intervall 0,2256 mm faßte. Die Teilung lief von der Mitte aus und über den 50. 100. . . . Teilstrich war die Zahl eingeätzt. Das Ende dieses 6″ breiten, 2″ hohen Kastens war nicht rechtwinkelig abgeschnitten, sondern in einem Kreisbogen, der zum Radius des Objektivs konzentrisch war. Durch Leisten geführt, bewegten sich in diesem Kreisbogen zwei Schieber, in denen zwei Röhren befestigt waren, die die aus- und einziehbaren Okularröhren trugen. Das Gesichtsfeld war auf 15—16 Grad erweitert. Das Objektiv befand sich in einem Kasten, auf dessen oberer Seite ein Transversalmaßstab in Teilen der Glasskala eingelassen war. Je nach der Entfernung des Gegenstands konnte der das Objektiv enthaltende Teil in dem die Okulare und Glasskala tragenden Kasten verschoben werden.

Die Objektivbildweite wurde an dem Transversalmaßstab abgelesen und die Entfernung bei bekannter Größe des Objekts aus der S. 28 angeführten Proportion gefunden.

Später verfertigte Brander aber auch noch weit kleinere Distanzmeßfernrohre dieser Art. So haben zwei im geodätischen Institut der technischen Hochschule befindliche folgende Maße: $\frac{f}{Obj.}\ \frac{27{,}6.}{27.2}$ Vergrösserung 9fach. Länge der Skala: 14 pariser Linien geteilt in 140IV.

Beim zweiten Distanzmeßfernrohr: $\frac{f = 40{,}2}{Obj.\ 40{,}8}$ Vergrösserung 11,6fach. Länge der Skala: 30 pariser Linien geteilt in 300 Skrupel.

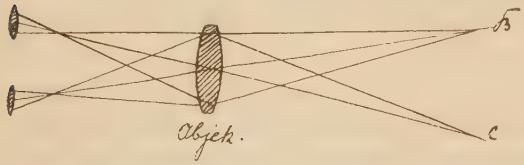
Eine dritte beiliegende Skala ist bei einer Länge von 22 Linien in 220 Skrupel geteilt.

Der dioptrische Sektor.

Lambert wünschte das Gesichtsfeld auf 30—40° auszudehnen, weil dann das Instrument für die Geodäsie und Astronomie große Bedeutung erlangt haben würde. Er versprach sich von einem dreischuhigen Sektor den gleichen Effekt wie von einem sechsschuhigen Scheibeninstrument. Solch große Instrumente hatte man aber selbst bei Gradmessungen noch nicht verwendet, wegen zu großer praktischer und finanzieller Schwierigkeiten.

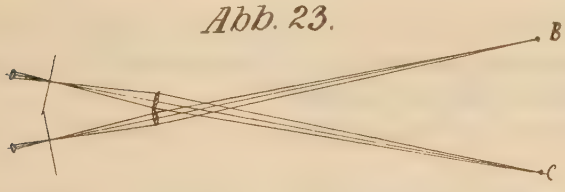
Er verfolgte den Gedanken des alten Instruments weiter und kam an der Hand einer optischen Betrachtung dahin, das Gesichtsfeld bis auf 60° auszudehnen, wobei er die Objektivblende um ein genau berechnetes Stück, fast 1/3 der Brennweite, vor die Planweite der Linse setzte. In dieser Rechnung beweist er, daß dadurch die sphärische Abweichung aufgehoben wird, die chromatische aber noch bleibt. Brander hat diesen Vorschlag nie ausgeführt.

Abb. 22.



Nach den vielen Versuchen und Berechnungen erschien aber beiden das Problem durchaus noch nicht in idealer Weise gelöst. Es kam nun Lambert hauptsächlich darauf an, die bei so großem Gesichtsfeld sehr schief einfallenden Lichtstrahlen zu vermeiden. Er erkannte, daß dies nur von der unveränderlichen Lage des Objektivglases herrührte, und dies parallel mit dem Okular verschoben werden müsse, wenn eine endgültige Beseitigung des erwähnten Nachteils herbeigeführt werden solle. (Siehe Abb. 22, 23, 24.) Hierdurch kam er wieder auf das Fernrohr zurück. Die Anordnung war höchst einfach und entsprach im Prinzip dem von Brander verfertigten Sektor. AC war ein Lineal. In A um A drehbar war eine vertikal stehende Glasskala AF befestigt. Das Fernrohr BC, um C drehbar, war bei D und E durchbrochen, damit die Skala ungehindert durchgleiten konnte. Für jede Stellung des Fernrohrs war AC = bC, also AB stets eine Sehne. Der gesuchte Winkel konnte nun durch die mittleren, ungebrochenen Strahlen gemessen werden, und der Radius des Kreises war gleichzeitig von der Brennweite des Objektivs unabhängig gemacht.

Abb. 23.



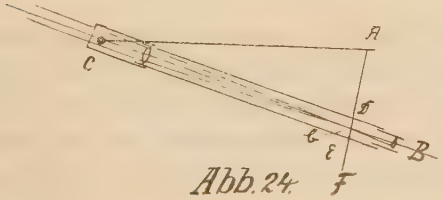


Abb. 24.

Brander übersah sofort die Vorzüge dieser Anordnung und sechs Tage, nachdem Lambert seinen Brief von Berlin abgeschickt hatte, schrieb er: „Dieser Vorschlag hebt allen Skrupel und gibt die allersichersten Chorden von der Welt. Ich trage morgen darauf an, damit eine Probe zu machen, von deren Erfolg ich sogleich Ihnen Nachricht geben werde; die erste Art wird aber keineswegs dadurch verdrungen, sondern ebenfalls in Stand gesetzt werden, um überzeugt zu seyn, was jener vor diesem voraus hat.“

Lambert hätte nun gern eine kreisförmige Skala angebracht gesehen, weil dann die Grade und Minuten hätten aufgetragen werden können, so daß eine Tafel zum Aufschlagen der Winkel weggefallen wäre. Derartige Teilungen

sind aber wegen der Schwierigkeiten, eine Peripherie so gleichmäßig zu teilen, als es hier nötig gewesen wäre, nicht ausgeführt worden. Vor allem war nach Branders Ausspruch der Kreis des gebogenen Glases nicht einwandfrei zu bekommen, so daß er die gerade Skala, die eine genaue Prüfung ihrer Teilung gestattete, bevorzugte und lieber im Interesse der Genauigkeit die Sehnentafel in Kauf nahm. Brander kannte die Schwächen der Kreisteilungen eben zu genau und behauptete, daß er sich seines Sektors mit größerer Sicherheit in Bezug auf Richtigkeit der gemessenen Winkel bedienen wollte, als des nach Ingolstadt verfertigten dreischuhigen Quadranten, der von den Jesuiten sechs Monate geprüft worden sei, ohne daß sie merkliche Fehler gefunden hätten.

Der einzige, dem Sektor anhaftende Mangel war seine Gebrauchsfähigkeit nur für kleine Winkel (bis 30^0); er wurde aber, wie schon bekannt, durch den Spiegelsextanten beseitigt.

Die Fernrohre des dioptrischen Sektors und Spiegelsextanten waren aus Holz hergestellt. Das Objektiv des Sektors wurde vermittels messingener Federn in die Höhlung des Tubus eingeschoben und konnte durch ein Lineal, das zum Okular vorlief, der Glasskala genähert oder von ihr entfernt werden. Die Objektivbrennweite betrug annähernd 1,1 m, die Vergrößerung war eine 18,5 fache. Die Teilung der Skala wurde durch das Okular 4mal vergrößert, so daß die Okularbrennweite $f = \frac{w}{v} = \frac{8}{4} = 2'' = 5{,}42$ cm betragen haben muß.

Die Objektivbrennweite des Spiegelsextanten war $2' = 64{,}96 = 65$ cm. Die Fernrohrvergrößerung eine 20fache.

Der viel ältere, von Graham erfundene astronomische Sektor[1]) war dem Branderschen in einigen Hauptteilen ähnlich. Der wesentliche Unterschied beider lag in der Teilung, denn diese war beim Grahamschen Sektor auf einen Kreisbogen von 15 zu 15 Minuten aufgetragen. Durch einen mit dem Fernrohr verbundenen Nonius konnten die Winkel bis auf eine Minute abgelesen werden. Graham hatte seinen Sektor zu dem besonderen Zweck konstruiert, Unterschiede der Deklination und Rektascension zweier Sterne zu bestimmen, die soweit voneinander stehen, daß sie im Gesichtsfeld eines astronomischen Fernrohrs nicht mehr gleichzeitig erschienen, so daß eine Winkelmessung mit dem Mikrometer unmöglich war.

Das Nivellierinstrument.

Die von Brander erfundene Nivellierwage entstand aus dem Wunsch, ein Instrument zu besitzen, welches bei jeder Witterung mit möglichster Genauigkeit horizontale Visuren auszuführen gestattete. Die Apparate, die man in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts zur Ausführung horizontaler Visuren gebrauchte,[2]) ließen sich im wesentlichen in drei Arten teilen:

1. Apparate, bei welchen durch die Oberfläche des Wassers die Lage der Horizontalen angegeben wurde.
2. Werkzeuge, die durch ein Lot, auf dessen Richtung man sich eine senkrechte Linie dachte, die scheinbare Horizontallinie angaben. (Picardsche Wasserwage, auch von Brander verfertigt.)
3. Instrumente, bei denen man durch eine, auf der Oberfläche des Wassers schwimmende Luftblase, den wagrechten Stand einer Linie erfuhr. (Libellen.)

Schon früher hatte der Mechaniker Sisson in London ein solches Nivellierinstrument konstruiert, welches von Daniel Ekström beschrieben und gezeichnet[3]) wurde.

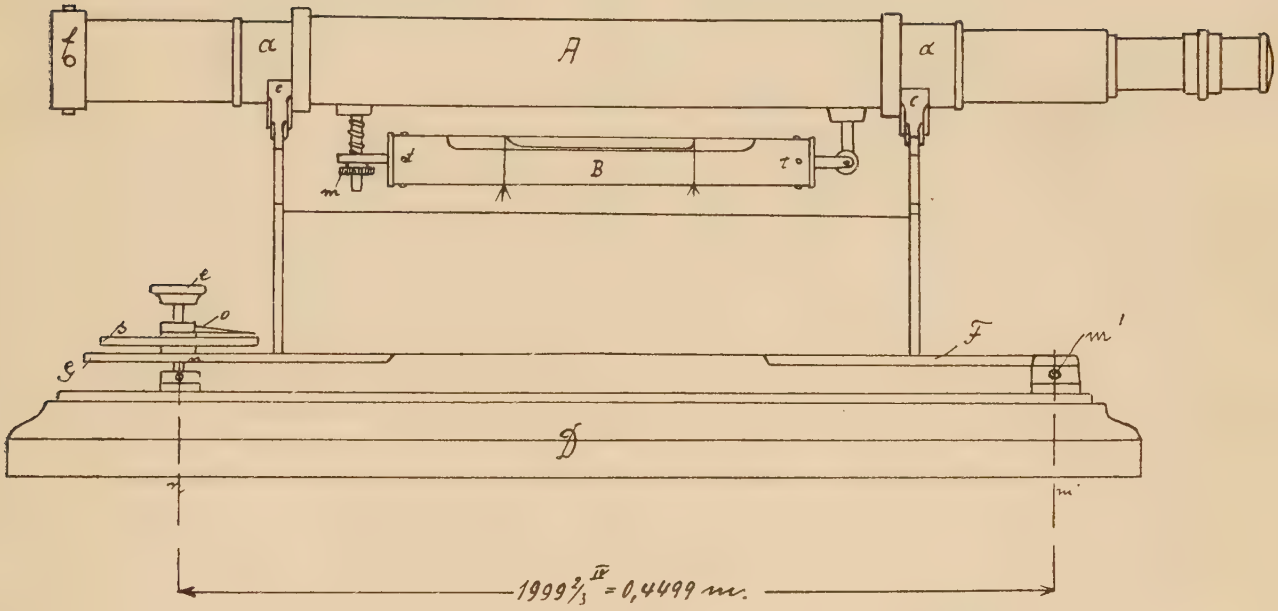
Nach der Art zu schließen, wie Brander an Lambert am 8. Juni 1769 über seine neue Erfindung schrieb, wußte er nichts von dieser Abhandlung. Den Grund zu seiner Erfindung werden wohl Wasserwagen der Art gelegt haben, wie sie in Bions Math. Werkschule von Doppelmayer Nürnberg 1741, S. 201, beschrieben und Tabelle XV Fig. C und E gezeichnet sind. Fig. C stellt ein in einem Kugelgelenk (Nuß) bewegliches Diopterlineal vor, auf dessen Regel eine Libelle befestigt ist. Fig. E, das Gleiche wie C, nur vertritt ein Fernrohr, welches neben der Libelle parallel zu ihr aufgeschraubt ist, das Diopter.

[1]) Er ist beschrieben in: A. G. Kästner, Vollständiger Lehrbegriff der Optik. Altenburg 1755. Seite 825. Gezeichnete Tafel XVIII. Fig. 52, 53, 54.

[2]) Ausführliche Angaben finden sich in: F. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst. Halle 1794. S. 406. §§ 170..... Ferner in: Joh. Tob. Mayer, Gründlicher Unterricht zur praktischen Geometrie. Göttingen 1795. III. Band. XXXIII. Kap.

[3]) Der Sissonsche Wasserpaß ist in den Abhandlungen der K. Schwedischen Akademie der Wissenschaften 1743, V. Band, S. 144, beschrieben. Ins Deutsche übersetzt von A. G. Kästner. Hamburg 1751.

Abb. 25.



Das Brandersche Nivellierinstrument[1]) (siehe Abb. 25) bestand aus vier Hauptteilen, dem Fußbrett D, auf dem die Regel FG, die um m drehbar ist, befestigt war. Die Mikrometerschraube e hatte 36 Gänge auf 1 par. Zoll und war 5,4 cm lang bei einem Durchmesser von 0,78 cm. Die Teilscheibe s war in 60 Teile geteilt, so daß $^1/_{60}$ Umdrehung noch mittels des Zeigers o auf der Scheibe abgelesen werden konnte.

Der Abstand der beiden Unterstützungspunkte m′ n der Regel FG maß genau 15″ 19‴ $9^2/_3$IV = $1999^2/_3$IV = 0,4499 m, so daß einer Schraubenumdrehung eine Neigung der Fernrohrachse von 6 Minuten, also $^1/_{60}$ Umdrehung 6 Sekunden entsprachen.

Das Fernrohr war ein gegossener Messingzylinder,[2]) der auf der Drehbank innen gleich weit ausgebohrt wurde. Besonders schwierig war es nun, die Auflager a von gleichem Durchmesser und vollkommen kreisrund zu erhalten. Wie Brander in einem am 2. Juli 1769 an Lambert geschriebenen Brief sagte, genügte hier das lose Abdrehen auf der Drehbank nicht, erst durch mühsames Einschleifen und Reiben in eine zylindrische Lehre gelang es ihm, diese Bedingung zu erfüllen. Das Objektivglas, dessen Brennweite 1833IV = 0,413 m betrug, wurde, in einer Kapsel gefaßt, in das Messingrohr eingesteckt. Mit vier Stellschrauben f konnte es zentriert werden.[3]) Das Okularglas war ebenfalls in einen kleinen Messingzylinder eingesetzt, der dicht in das Rohr A paßte. Auf der Oberfläche dieses Okulareinsatzes B befand sich eine Skala in Teilen des Mikrometers, damit man für jeden Stand des Objekts die Objektivbildweite ablesen konnte. Das Mikrometer war ebenfalls in einen Zylinder C gefaßt, der in die Okularfassung eingeschoben wurde und, je nach der deutlichen Sehweite des Beobachters, dem Okular genähert werden konnte. Man sieht an dieser Anordnung des Okulars und Mikrometers, daß die beim Polymetroscopium dioptricum gemachten Erfahrungen dabei verwertet worden sind.

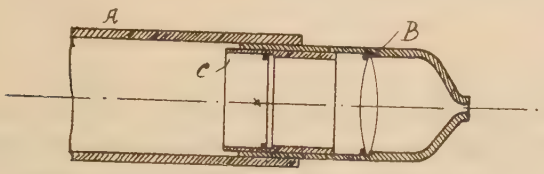


Abb. 26.

Die hier eingesetzte Glasskala zeichnete sich durch besondere Feinheit ihrer Teilung aus. Zunächst war auf dem Glase ein horizontaler Mittelstrich, aber kein vertikaler gezogen. Brander hatte das getan, um die freie Aussicht durch die Mitte zu behalten. Ungefähr 3IV = 0,67 mm links und rechts dieses gedachten vertikalen Mittelstrichs liefen zwei senkrechte Skalen, deren Intervalle $1^1/_{15}$IV = 0,24 mm betrugen. Die Teilstriche der zweiten, parallel laufenden Skala waren genau in der Mitte der Zwischenräume der anderen Skala gezogen, so daß mit ihr Gesichtswinkel von einer Minute gemessen werden konnten.

Der Hauptzweck dieser gläsernen Meßleitern war, wie Brander sagt (S. 67), mit ihnen die Mikrometerschraube C zu prüfen und zu rektifizieren, ferner um sofort bestimmen zu können, wieviel ein im Gesichtsfeld erscheinendes Objekt höher oder tiefer als die horizontale Visierlinie lag.

In einem Brief an Lambert vom 2. Juli 1769 (S. 162) gibt Brander die Objektivbrennweite zu 1833IV = 41,3 cm, die Okularbrennweite zu 1,5″ = 4,01 cm an, also ist die Vergrösserung V des Fernrohrs: $V = \frac{F}{f} = \frac{0{,}413}{0{,}04} = 10{,}2$ fach.

Die Libelle B war mit dem Fernrohr A fest verbunden. Ihre Fassung hing an dem einen Ende in einem Scharnier, am anderen Ende wurde sie durch eine Spiralfeder gegen die Schraubenmutter m gedrückt.

Ein Kreuzungsfehler mit der Fernrohrachse ließ sich durch die an den Enden der Libellenfassung auf die Libelle wirkenden Berichtigungsschrauben t beseitigen. Die Röhrenlibellen selbst waren im allgemeinen unbrauchbar, denn ihre Achse wird in allen Lehrbüchern der Zeit als gerade Linie angegeben. Die Unebenheiten dieser geblasenen Glaszylinder ergaben ein sprungweises Fortrücken der in der Röhre befindlichen Luftblase. Brander schliff nach Angabe de Chesy's in de la Laude's Astronomie § 1911 die Röhren innen aus, damit sie glatte Wände und eine von einer geraden Linie möglichst wenig abweichende Achse erhielten.

Da nun die Empfindlichkeit einer Libelle mit dem Halbmesser der kreisförmig ausgeschliffenen Röhre wächst, so müssen diese Libellen unendlich empfindlich sein, so daß also die Luftblase überhaupt nicht zur Ruhe kam.

Auch konnte man mit ihnen aus der Größe des Ausschlages a nicht auf den Neigungswinkel φ der Libellenachse schließen, denn

$$\varphi = 206265\frac{a}{r} = 206265\frac{a}{\infty} \quad \text{für jeden Wert von a war also } \varphi = 0.$$

[1]) Es ist beschrieben in: Lamberts Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer von Glas. Augsburg 1769. Als 3. Beilage S. 63. Ferner im V. Band der Abhandlungen der kurfürstlich bayerischen Akademie der Wissenschaften. In: Picard, Abhandlung vom Wasserwägen mit neuen Beyträgen von J. H. Lambert. Berlin 1770.

[2]) Bions mathematische Werkschule. VIII. Buch. S. 429: Das Messing wird aus Kupfer und Gallmay gemacht, der ein Stein ist, welcher dem Metall eine gelbe Tinktur giebt. Er wird in Frankreich und dem Lüttiger Land gefunden.

[3]) Die Zentrierung gibt Brander S. 72 seiner Beschreibung an.

Die Mittelstellung der Luftblase wurde bei den Nivellierinstrumenten erster Ausführung durch zwei gleichweit von der Mitte um die Libelle gebundene Seidenfäden bezeichnet. Späterhin legte Brander die Mitte der Libelle durch einen mit Diamant eingerissenen Strich oder Stern fest. Die Füllung seiner Röhren bestand aus Weingeist.

Daß die aus der Glashütte kommenden Libellenröhren nicht die besten Eigenschaften besaßen, kann man aus Branders Angabe schließen. Er sagt: „20—30 Glascylinder kann man oft vergebens prüfen, bevor man einen geraden Platz findet, den man brauchen kann. Ich besitze wirklich eine mit Ausschleifen gebesserte Röhre, die merklich 1 Sekunde Ausschlag gibt. Die Röhre ist $8'' = 21{,}6$ cm lang, ihr Diameter $7''' = 1{,}57$ cm und ihre Luftblase circa $3'' = 8{,}1$ cm lang, alles nach französischem Maß zu verstehen."

Die dioptrischen Fernrohre.

An den meisten von Brander verfertigten geodätischen und astronomischen Meßinstrumenten sind dioptrische Fernrohre in Anwendung gekommen. Die Brennweiten und Vergrößerungen waren ganz nach dem jeweiligen Zweck gewählt und nahmen oft bedeutende Größen an. So verfertigte er 1768 für die königliche Sternwarte in Berlin die Gläser zu einem astronomischen Fernrohr, deren Objektivbrennweite 22 Fuß $= 7{,}128$ m betrug. Je nach der gewünschten Vergrößerung lieferte er drei Okulare zu 2, 4 und $6'' = 0{,}054$ m, 0,108 m und 0,162 m Brennweite dazu. Durch Versetzung des zweizölligen Okulars wurde das Gesichtsfeld sehr klein, worauf Brander auch Lamberts Aufmerksamkeit in einem Schreiben lenkte.

Mit Hilfe der Formel: $\operatorname{tg}\varphi' = \dfrac{\eta}{f_1 (v_1 + 1)} = \dfrac{w_1}{v_1 + 1}$ { Bauernfeinds Elemente der Vermessungskunde. 7. Auflage. Gl. 61.

wobei die Vergrösserung $v_1 = \dfrac{f}{f_1} = \dfrac{262}{2} = 131$, der Halbmesser der wirksamen Okularöffnung $\eta = w_1 f_1$; $\eta = {}^1/_3 f_1$ angenommen, $w_1 = \dfrac{{}^1/_3 f_1}{f_1} = {}^1/_3$, bestimmt sich das Gesichtsfeld der grössten ungleichen Helligkeit zu:

$$\operatorname{tg}\varphi' = \frac{{}^1/_3}{131 + 1} = \frac{1}{3 \,.\, 132} = 0{,}0025$$

$$\varphi' = 3438 \,.\, 0{,}0025 = 8{,}68'$$

Also das Gesichtsfeld: $2\varphi' = 17{,}36$ Minuten $= 17'\ 22''$.

Für Brennweite,	Fernrohrvergrößerung,	Gesichtsfeld.
$2'' = 0{,}054$ m	$v_1 = 131$ fach	$2\varphi' = 17'\ 22''$
$4'' = 0{,}108$ m	$v_1 = 65{,}5$ „	$2\varphi' = 34'\ 28''$
$6'' = 0{,}162$ m	$v_1 = 43{,}6$ „	$2\varphi' = 51'\ 14''$

Die in diesen drei Fällen im Objektivbrennpunkt stehenden Mikrometer gestatteten Gesichtswinkel bis zu 5 Sekunden zu messen.

Von Interesse dürften die Angaben sein, die Prof. J. T. Mayer im ersten Band seiner praktischen Geometrie S. 519 macht. Nach seiner Ansicht hing der Visurfehler einer mit Fernrohr ausgeführten Beobachtung von der Fernrohrlänge ab. Er gibt ihm für ein ${}^1/_2$ par. Fuß langes Rohr zu 15 Sekunden, 1 Fuß 10 Sekunden, 2 Fuß $7'' \ldots$. 30 Fuß 1,5 Sekunden an.

Prof. Stampfer fand bei seinen Versuchen für achromatische Fernrohre mit mäßiger Vergrößerung den Visurfehler umgekehrt prop. der Vergrößerung v und setzt ihn $= \dfrac{15''}{v}$.

Amphidioptrisch konstruierte Fernrohre,

bei welchen sich das Okular an beiden Rohrenden einsetzen läßt, verwendete Brander für Vor- und Rückvisuren. (Siehe Abb. 12.) (Siehe Abb. 25a.) In eine im Fernrohr CD verschiebbar angebrachte Röhre schraubte er zwei bikonvexe Linsen O und C von gleicher Brennweite, 50 cm, in einem Abstand von 26,5 cm, so daß jede sowohl als Objektiv, wie als Kollektiv wirken konnte. Ich habe an zwei gleichgroßen amphidioptrischen Goniometern, die im deutschen Museum für Meisterwerke der Technik aufbewahrt werden, folgende Maße gefunden: $f_{Obj.} = f_{Coll.} = 50{,}0$ cm. Abstand beider: $c_1 = 26{,}5$ cm, $f_{Okul.\,A} = 6$ cm

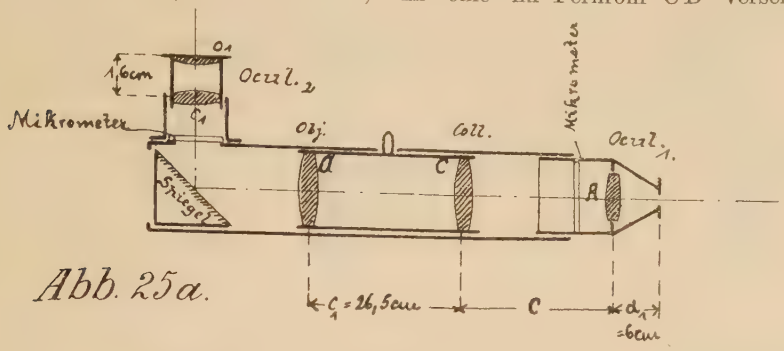


Abb. 25a.

Somit wäre die Brennweite f′ der Äquivalenzlinse nach Bauernfeind, Elem. der Vermessungskunde. 7. Aufl. Gl. 44:

$$f' = \frac{f_o \cdot f_c}{f_o + f_c - c_1} = \frac{50 \cdot 50}{100 \quad 26{,}5} = 34.01 \text{ cm}$$

Die Vergrösserung v_1 bei Gebrauch des Okulars A:

$$v_1 = \frac{f}{f_A} = \frac{34{,}01}{6} = 5{,}66 \text{ fach.}$$

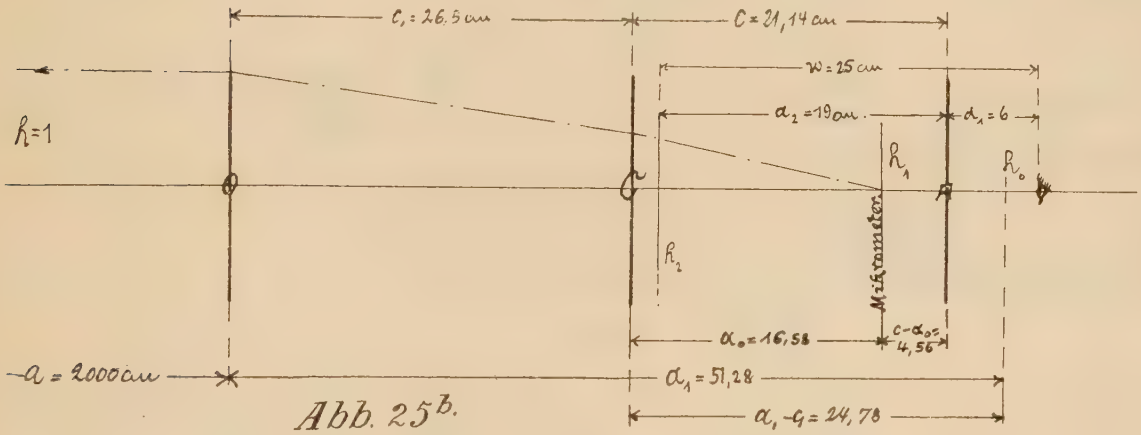


Abb. 25b.

Eine etwas weitläufigere Rechnung, aus der sich aber der Gang der Lichtstrahlen und Lage des Glasmikrometers ersehen lassen, liefert das gleiche Resultat.

Aus Bauernfeind, Handbuch der Vermessungskunde, 7. Auflage, Gl. 65, berechnet sich:

$$a_1 = \frac{a \cdot f_o}{a - f_o} = \frac{2000 \cdot 50}{1950} = 51{,}28 \text{ cm}$$

$$a_o = \frac{f_c\,(a_1 - c_1)}{a_1 - c_1 + f_c} = \frac{50\,(51{,}28 - 26{,}5)}{24{,}78 + 50} = \frac{1239}{74{,}78} = 16{,}58 \text{ cm.}$$

Nach Gl. Bauernfeind S. 79 $w - a_1 = -a_2$ ergibt sich: $-a_2 = 25 - 6 = 19$

$$a_2 = -19 \text{ cm}$$

und nach Gl. 65 Bauernfeind:

$$c = a_o + \frac{a_2 \cdot f_1}{a_2 - f_1} = 16{,}58 + \frac{-19 \cdot 6}{-19 - 6} = 16{,}58 + 4{,}56 - 21{,}14.$$

Nach Bauernfeind Gl. 67 ist für $h = 1$ = Größe des beobachteten Gegenstandes.

$$h_2 = \frac{a_1 \cdot a_o \cdot a_2 \cdot h}{a\,(c_1 - a_1)\,(c - a_o)} = \frac{51{,}28 \cdot 16{,}58 \cdot (-19)}{2000\,(-24{,}78) \cdot 4{,}56}$$

$$h_2 = 0{,}0714$$

$$\text{und } v_2 = \frac{h_2 \cdot a}{w \cdot h} = \frac{0{,}0714 \cdot 2000}{25 \cdot 1} = 5{,}71 \text{ fach.}$$

Bei Anwendung des Doppelokulars 2: $f_{o1} = 7$ cm, $f_{c1} = 6$ cm. Abstand beider von einander 1,6 cm. Ich habe in der Zeichnung, um den Strahlengang klarer zu zeigen, den Spiegel weggelassen.

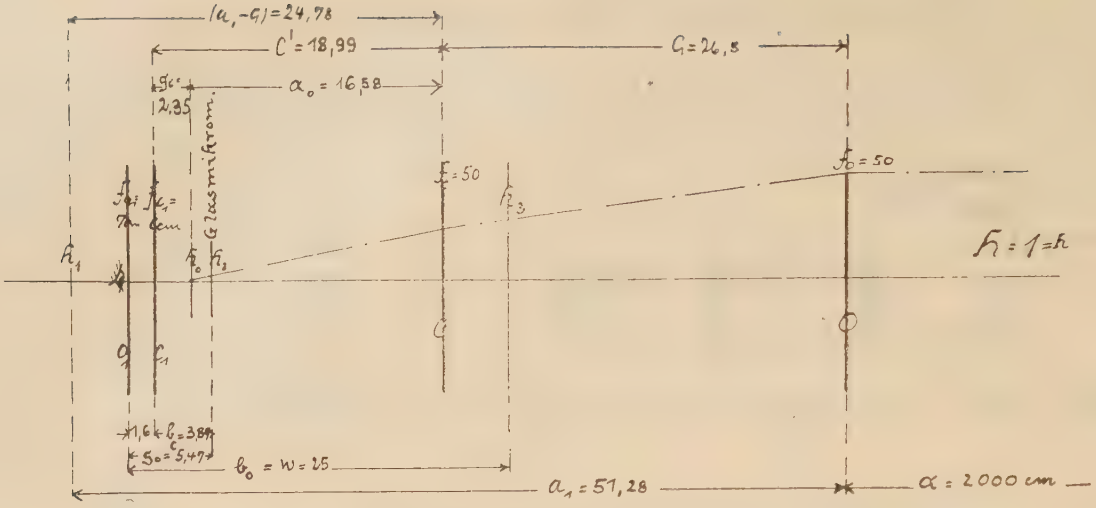


Abb 25 c.

Für die Linsen o und C bleiben die berechneten Werte dieselben wie in der vorhergehenden Rechnung.
Für O_1 gilt: $f_{o1} = 7$ cm (Plankonvex), $b_o = w = 25$ cm, also ist:

$$g_o = \frac{f_o \cdot b_o}{b_o + f_o} = \frac{7 \cdot 25}{25 + 7} = 5{,}47 \text{ cm.}$$

Für C_1 gilt: $f_{c1} = 6$ cm, $b_c = 5{,}47 - 1{,}6 = 3{,}87$ cm, also ist:

$$g_c = \frac{b_c \cdot f_c}{b_c + f_c} = \frac{3{,}87 \cdot 6}{3{,}87 + 6} = 2{,}35 \text{ cm.}$$

Mit Hilfe der Proportionen: $\frac{h}{h_1} = \frac{a}{a_1}$; $\frac{h_1}{h_o} = \frac{a_1 - c_1}{a_o}$; $\frac{h_o}{h_2} = \frac{g_c}{b_c}$; $\frac{h_2}{h_3} = \frac{g_o}{w}$; ($h\ h_1, h_o, h_2, h_3$ sind die Gegenstandshöhe und Bildhöhen) ergibt sich:

$$h_3 = \frac{w \cdot a_o \cdot a_1 \cdot b_c \cdot h}{g_o \cdot g_c (a_1 - c_1) \cdot a} = \frac{25 \cdot 16{,}58 \cdot 51{,}28 \cdot 3{,}87 : 1}{5{,}47 \cdot 2{,}35 \cdot 24{,}78 \cdot 2000}$$

$$h_3 = 0{,}129$$

Und die Vergrößerung des Goniometers bei diesem Gang der Lichtstrahlen:

$$v = \frac{h_3 \cdot a}{w \cdot h} = \frac{0{,}129 \cdot 2000}{25 \cdot 1} = 10{,}32 \text{ fach.}$$

Das zweite dioptrische Fernrohr des Goniometers war mit einem Objektiv von 45 cm und einem Okular von 6 cm Brennweite ausgestattet, so daß mit ihm eine 7,5fache Vergrößerung erzielt wurde.

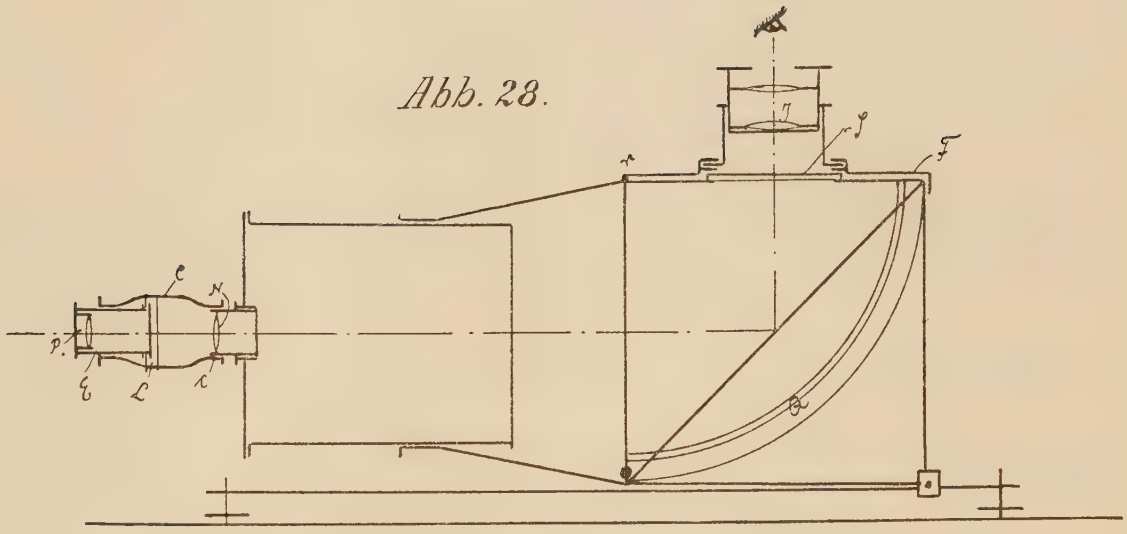
Brander bediente sich dieser amphidioptrischen Fernrohre ziemlich häufig. So sind beispielsweise das eine Fernrohr des amphidioptrischen Goniometers, zum Teil auch die Kippregeln der Meßtische und das Fernrohr eines Scheibeninstruments, welches zur Zollmannschen Meßart[1]) eingerichtet war, mit derartigen amphidioptrischen Linsensystemen ausgestattet.

Mikroskope.

Die von Brander verfertigten Mikroskope waren sehr verschieden in ihrer Form und Optik. In großer Anzahl stellte er die einfachen Lupen in ganz verschiedenen Abmessungen her. Zur Linsenfassung verwendete er meist Horn und Messing und zwar waren es teils ring-, teils röhrenförmige Mikroskope Wilsonscher Art. Den röhrenförmigen

[1]) Man bedient sich hierbei der Zollmannschen Scheibe. Dieses Instrument hatte große Ähnlichkeit mit dem Meßtisch. Statt eines viereckigen Brettes war eine runde Scheibe, die wie der Meßtisch mit Papier überzogen war, auf dem Stativ befestigt. Um das Zentrum der Scheibe bewegte sich eine Regel mit Dioptern oder bei der von Brander verfertigten eine solche mit amphidioptrischem Fernrohr. Längs der Kante des Lineals, die durch den Drehpunkt der Scheibe ging, zog man die Ziellinien, so daß die Winkel der auf dem Felde anvisierten Gegenstände sämtlich am Mittelpunkt der Scheibe zusammenliefen, während sie auf dem Meßtisch bald an dem einen oder anderen Operationspunkt laufen. Ausführliche Beschreibungen der Zollmannschen Scheibe finden sich in: Dr. F. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst. Halle 1794. S. 74. Zollmann, Geodäsie. Halle 1744. 3. Kap. §§ 122...

Abb. 28.



Fassungen gebührt der Vorzug, weil sie alles störende Seitenlicht abhalten, das Auge nötigen, dauernd den Ort der größten Helligkeit aufzusuchen und die gleiche Stellung gegen die in der Gegenstandsweite befindlichen, zu beobachtenden Objekte einzuhalten.

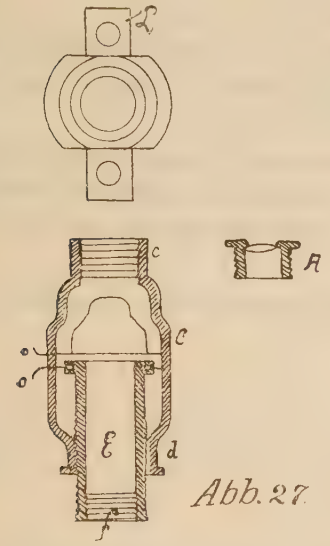


Abb. 27.

Bei Kreisteilungen hat meines Wissens Brander keine Lupen oder zusammengesetzte Mikroskope zur Erleichterung der Winkelablesung angebracht, wohl aber bemerkt er in einer seiner Schriften, daß man sich hierzu einer Lupe bedienen könne.

Zum mikroskopischen Gebrauch waren auch an seinen Cameris obscuris[1]) Vorrichtungen getroffen. (Siehe Abb. 27.) Der Holzzylinder C ist an beiden Enden c und d mit Innengewinde versehen. In dem Gewinde d läßt sich der Hohlzylinder E, der bei f abermals Innengewinde besitzt, aus- und einschrauben. In die am inneren Ende von E angebrachten Führungen o o wird das zwischen zwei Gläsern L befindliche, zu untersuchende Präparat eingeschoben. Will man diese Einrichtung als einfaches Mikroskop für durchsichtige Objekte gebrauchen, so schraubt man bei c die mikroskopische Linse A ein und bringt die zwischen o o befindliche Tafel L durch Drehen des Hohlzylinders E in die deutliche Sehweite.

Sollte die Camera als zusammengesetztes Mikroskop dienen (siehe Abb. 28), so wurde das Camera-Objektiv bei N herausgeschraubt und vermittels eines kurzen Zwischenstücks die vorhin beschriebene mikroskopische Anrichtung mit dem Gewinde c eingesetzt. Das Zwischenstück enthielt bei N eine Linse. In das Innengewinde f der Schraubenröhre E wurde eine Sammellinse P eingebracht, die den Zweck hatte, das zu beobachtende Objekt L stark zu beleuchten.

Der Abstand L N war hierbei größer als die Brennweite von N. Die vom beobachteten Gegenstande kommenden Strahlen wurden nun auf dem unter 45^0 gestellten Spiegel nach oben gebrochen und sollten ein Bild in der Ebene S erzeugen, in der bei Verwendung der Camera als Distanzmesser ein Glasmikrometer von $6'' = 16{,}2$ cm Länge lag. Das Mikrometer war in Skrupel, also 720 Teile geteilt.

Fiel das Bild nicht nach S, so hatte die Einstellung durch Nähern oder Entfernen des Gegenstandes L mittels der Schraubenröhre E zu erfolgen. Zur Vermeidung einer Parallaxe konnten kleinere Verschiebungen auch mit dem Okularauszug J vorgenommen werden.

Der ganze Okularaufsatz war hier wie bei dem Fernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld in einer Kreiskurve, deren Radius gleich der Objektivbrennweite war, verschiebbar angeordnet, wodurch die Camera auch gleichzeitig als ein Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld ($23^0\ 32'$) verwendet werden konnte.

Die Camera obscura hatte eine äußerst vielseitige Verwendung. Sie war:

1. Eine gewöhnliche Camera zur Betrachtung naher und ferner Objekte. Der das Okular tragende Teil F wurde hierzu hoch geklappt, und das Bild auf dem Mattglas S betrachtet.

2. Ein katadioptrisches Fernrohr. Der Deckel F wurde herabgeschlagen, die Glasplatte bei S herausgenommen, und der Gegenstand durch Objektiv und Okular betrachtet.

3. Ein astronomisches Sehrohr. Die Camera blieb wie bei 2, nur wurde über den Glasspiegel in der Mitte ein geschwärzter Spiegel gelegt, weil die durch den Glasspiegel entstehenden Doppelbilder störend gewirkt haben würden.

4. Ein Höhenmesser. Auf einen messingenen von 30 zu 30 Minuten geteilten Quadranten Q, der an der einen Seite des Deckels F angeschraubt war, wurde mittels eines Pendels der Neigungswinkel der optischen Achse gegen die Horizontale abgelesen. Sollte z. B. die Polhöhe eines Orts bestimmt werden, wozu die Sonnenhöhe mittags 12 Uhr gemessen werden mußte, so wurde bei S ein auf Spiegelglas geschnittenes Netz, welches den Durchmesser der Sonne faßte, eingelegt.

5. Ein Helioskop. Hierzu wurde der das Okular enthaltende Teil F aufgeschlagen, die matte Glastafel bei s eingelegt, der geschwärzte Spiegel entfernt und das Objektiv abgeschraubt. An seine Stelle kam eine Röhre d, b, c, d, die bei e ein Objektiv enthielt. Im Objektivbrennpunkt war ein Netz n eingesetzt, das die ganze Sonnenscheibe faßte. Bei m war eine Bikonvexlinse von geringer Brennweite eingesetzt, so daß $m\ n > f\ m$ war.

Das in n entstehende Sonnenbild wurde durch die Linse m auf den Glasspiegel geworfen und konnte auf der bei S eingelegten Mattscheibe samt der Netzteilung beobachtet werden. Da m gleichsam die Stelle einer mikroskopischen Linse vertrat, so erschien das Sonnenbild in ziemlicher Größe auf der Mattscheibe S.

[1]) Die Cameras sind von ihm unter folgenden Titeln beschrieben: Kurze Beschreibung einer ganz neuen Art einer Camera obscura insgleichen eines Sonnenmikroscops. Augsburg 1767. Beschreibung einer nur abgeänderten und mit mehreren Zusätzen versehenen Camera obscura. Augsburg 1775. 2. Auflage 1792.

6. Ein Distanzmesser. Das Objektivglas, dessen Brennweite 58,05 cm betrug, wurde wieder eingeschraubt; bei S setzte man die schon erwähnte Glasskala ein, die man durch das Okular J betrachtete.

7. Ein zusammengesetztes Mikroskop.

8. Ein Sonnenmikroskop.

9. Ein einfaches Mikroskop (Lupe) für durchsichtige und undurchsichtige Gegenstände.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die schon lange bekannte Camera durch Brander zu großer Vollkommenheit gebracht worden ist. Die in Bions mathematischer Werkschule bechriebenen und gezeichneten Camerae hatten verschiedene einfache Formen, dienten aber ausschließlich dazu auf einem Blatte ein Bild zu entwerfen.

Rost gibt in seinem astronomischen Handbuch S. 367, Fig. 39 an, daß der Astronom Hofmann in Berlin eine Camera erfunden habe, die er zur Beobachtung von Sonnenfinsternissen und der dabei besonders gut sichtbaren Sonnenmakuln mit „erwünschtem Nutzen" gebraucht habe. Auch Hevelius erfand speziell für Sonnenobservationen eine Camera, die in dem Werk Machinae coelestis pag. 374 . . . abgebildet und beschrieben ist.

Diese beiden Apparate hatten aber mit dem Branderschen in ihrer Ausführung nichts gemein, besonders die von Hevelius war eine sehr kostspielige Einrichtung von bedeutenden Dimensionen.

Zusammengesetzte Mikroskope

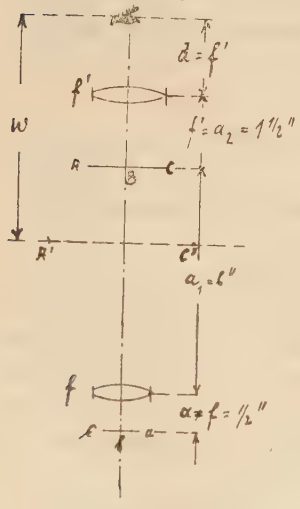
hat Brander mit zwei und drei Gläsern in ganz verschiedenen Ausführungen [1]) verfertigt. Unstreitig gebührt ihm aber auch hier das Verdienst, zur Bestimmung der Vergrößerung des Mikroskops seine Glasmikrometer eingeführt zu haben.

Brander zog das Glas- dem Schraubenmikrometer vor. Als Grund hierfür gab er an, daß das Bild in dem Gitter liege, es deshalb bequemer sei, seine Längen- und Breitenausdehnung zu finden.

Bei einem mit Schraubenmikrometer ausgestattetem Mikroskop müsse für jede Ausdehnung eine besondere Messung vorgenommen werden.

Ehe ich auf die Mikroskope selbst eingehe, möchte ich seine Art, sie zu berechnen, angeben.

Abb. 29.



Gegeben sind 1 Objektiv f $= {}^1/_2{}''$

1 Okular f' $1\,{}^1/_2{}''$.

Das Bild des Gegenstandes liegt zwischen Objektiv und Okular 6'' vom Objektiv entfernt. Also $a_1 = 6''$.

$$v_1 = \frac{AC}{ac} = \frac{fB}{fb} = \frac{a_1}{f} = \frac{6}{{}^1/_2} = 12.$$

Brander vernachlässigt den kleinen Unterschied der Gegenstandsweite a und der Brennweite f des Objektivs.

Ferner gilt, da $d = f'$

$$v_2 = \frac{w}{f'} = \frac{8''}{1{,}5''} = 5{,}33.$$

Brander sagt $v_2 = \frac{w}{f'} = \frac{8''}{1{,}5''} = 6.$

Also ergibt sich die Gesamtvergrösserung v':

$v' = v_1 \,.\, v_2 = 12 \,.\, 5{,}33 = 63{,}58$. Nach Brander: $v' = 12 \,.\, 6 = 72$.

Diese Formel entspricht der jetzt zur Berechnung der Vergrösserung eines Mikroskops mit zwei Linsen angewandten:

$$v' = \frac{a_1}{a} \cdot \frac{w}{f'} = \frac{f}{a - f} \cdot \frac{w}{f'} \quad \ldots\ldots \text{Bauernfeind. 7. Aufl. Gl. 95 u. 66.}$$

Berechnung der Vergrösserung eines Mikroskops mit drei Linsen.

Brander bemerkt hierzu: „Gleichwie nun ein Mikroskop mit drey Gläsern zum Gebrauch viel besser und vorzüglicher ist, als eines, das nur zwey Gläser hat; so ist hingegen die Berechnung ihrer Vergrößerung schon etwas schwerer als dieser letzteren (2 Linsen), daher es auch von den meisten, welche eine Beschreibung der Mikroskope

[1]) G. F. Brander, Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope. Augsburg 1769.

geliefert und herausgegeben haben, gänzlich mit Stillschweigen ist übergangen worden.“ (Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope. Augsburg 1769. S. 30.)

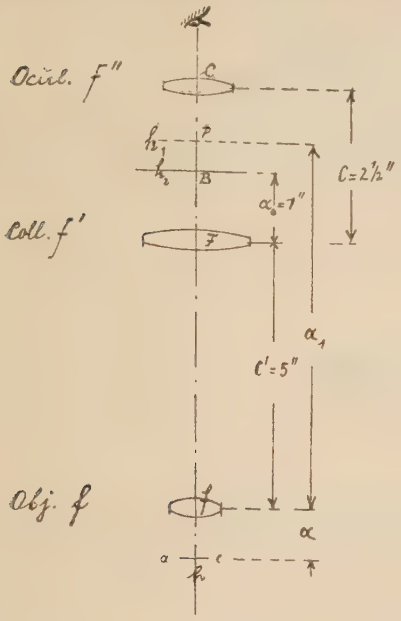


Abb. 30.

Es ist: $f'_{Obj.} = 1/2''$ $\quad c' = 5''$
$f'_{Coll.} = 3''$ $\quad c = 2\,1/2''$
$f''_{Okul.} = 1\,1/2''$ $\quad a_0 = 1''$

(Siehe Abb. 30.)

Zunächst suchte Brander den Ort P, wo das Bild des Gegenstandes ohne Kollektiv hingefallen wäre, und setzte hierzu die Proportion an:

$$\frac{f' - a_0}{a_0} = \frac{f'}{PF} \quad ; \quad PF = a_1 - c'.$$

$$PF = \frac{f'\,a_0}{f' - a_0} = \frac{3''\,.\,1''}{3'' - 1''} = 3/2 = 1{,}5''.$$

Es ist dies die etwas umgeschriebene Gleichung 41 Bauernfeind, 7. Auflage.

Sodann bestimmte er die Gegenstandsweite a mittels der Gleichung:

$$\frac{a_1 - f}{a_1} = \frac{f}{a} \qquad \text{(optische Hauptgleichung)}$$

$$\frac{6{,}5 - 0{,}5}{6{,}5} = \frac{0{,}5}{a}$$

$$a = \frac{6{,}5\,.\,0{,}5}{6} = {}^{54}/_{100}''.$$

Ist ferner h = Größe des beobachteten Gegenstandes = 1
h_1 = Größe des Bildes ohne Kollektiv,
h_2 = Größe des Bildes mit Kollektiv,

so gilt die Gleichung. $\frac{a}{a_1} = \frac{h}{h_1}$; $\frac{{}^{54}/_{100}}{6{,}5} = \frac{1}{h_1}$

$h^1 - 12$

$$\frac{a_1 - c'}{a_0} = \frac{h_1}{h_2} \quad ; \quad h_2 = \frac{12\,.\,1}{1{,}5} - 8.$$

Also wird der Gegenstand durch Objektiv und Kollektiv 8 mal vergrößert. Die Vergrößerung des Okulars ist:

$$v_2 = \frac{w}{f''} = \frac{8''}{1{,}5''} = 5{,}33.$$

Somit die Vergrößerung des ganzen Mikroskops $v'' = 8\,.\,5{,}33 = 42{,}64$.

Brander sagt: $v_2 = \frac{w}{f''} = \frac{8}{1{,}5} \# 6$, sodaß $v'' = 8\,.\,6 = 48$.

Durch Einführung einer Äquivalenzlinse würde sich die Rechnung weit einfacher gestaltet haben.

$$c' = \frac{a\,.\,f}{a - f} + \frac{a_0\,.\,f'}{a - f'} \qquad \text{. . . Gl. 42. Bauernfeind. 7. Aufl.}$$

$a = {}^{13}/_{24}$

$$v'' = \frac{w\,.\,f}{(a - f)}\,.\,\frac{(f' + f'' - c)}{f'\,.\,f''} = \frac{8\,.\,0{,}5}{({}^{13}/_{24} - 1/2)}\,.\,\frac{(3 + 1{,}5 - 2{,}5}{3\,.\,1{,}5} \qquad \text{. . . Gl. 99. Bauernfeind.}$$

$$v'' = \frac{48}{4}\,.\,\frac{8}{2{,}25} = 42{,}66.$$

Das bei diesen Mikroskopen angebrachte Schraubenmikrometer liegt in der Brennweite des Okulars (genau in der Entfernung [f'' — e]). Es besteht aus einer 1,5 Zoll = 4,05 cm langen Schraube, bei der 50 Gänge auf 1'' gehen. Mittels eines, auf der Schraubenachse befestigten Zeigers können $1/20$ Umdrehungen auf einer unter dem Zeiger liegenden Teilscheibe abgelesen werden, was einer Mikrometerverschiebung von $1/1000$ Zoll = 0,037 mm entspricht. Bei einer Messung wird die innere Spitze der Schraube über den Durchmesser des Bildes bewegt, und auf der Teilscheibe die Umdrehungszahl abgelesen. Diese Ablesung multipliziert mit der Vergrößerung des Okulars gibt sodann die ganze scheinbare Vergrößerung der Länge oder Breite eines Objekts.

Will man die Vergrößerung mit dem Mikrometer bestimmen, so bedient man sich einer kleinen, auf Glas geritzten Skala, deren Intervalle $1/2''' = 1{,}35$ mm beträgt. Diese legt man unter das Objektiv, so daß ihr Bild scharf

in der Mikrometerebene erscheint, und mißt dann den Bildabstand zweier Teilstriche. Entspricht derselbe z. B. zehn Schraubenumdrehungen = $^1/_5''' = 2{,}4'''$, so vergrößert das Objektiv und Kollektiv $\frac{2{,}4}{0{,}5} = 5{,}8$ mal. Die Vergrößerung des Okulars ist $v_2 = 5{,}33$, also die Gesamtvergrößerung des Mikroskops $5{,}8 \cdot 5{,}33 = 30{,}09$.

Die Glasmikrometer waren quadratische Gitter, deren Intervalle 1, $^1/_2$ oder $^1/_{10}$ Linien maßen.

Brander lieferte zu jedem zusammengesetzten Mikroskop 6 Objektive, durch die eine 18, 27, 36, 48, 96, 120fache Vergrößerung erzielt wurde. Die Abstände und Brennweiten von Kollektiv und Okular waren dabei wie in der der Berechnung eines Mikroskops mit drei Linsen zu Grunde liegenden Figur.

Distanzmesser ohne Latte.

Das erste brauchbare Instrument dieser Art dürfte wohl der im Branderschen Institut verfertigte, vom Grafen Pacecco ob Ucedos 1762 erfundene Distanzmesser[1]) gewesen sein. Auch an diesem Instrument rührt wahrscheinlich bloß der Grundgedanke von Pacecco her, hingegen wird die Realisierung dieser Idee Brander zuzuschreiben sein. In seiner Beschreibung eines neu erfundenen Distanzmessers aus einer Station sagt Brander S. 16: „Er (Pantometer) würde aber gar bald unvollendet geblieben sein, wenn er nicht in dem Branderschen Laboratorium wäre ausgeführt worden; weil dieser sogenannte Graf zwar auf einige Spuren gekommen, aber noch lange nicht die gehörige Einsichten hatte, dieselbe bis an das Ende gehörig zu verfolgen und eben daher dieses Instrument selbst zuletzt aus Eigensinn mehr verderbte und verunstaltete als gut machte."

Brander konstruierte zwei Distanzmesser ohne Latte,[2]) die auf dem gleichen geometrischen Gedanken wie der Paceccosche Pantometer beruhten, konstruktiv aber gar nichts mit ihm gemein hatten.

(Abb. 31). Der ältere besteht aus zwei Fernrohren, die in einem 1,78 m langen, 24,3 cm breiten Kasten liegen. Die Mittelpunkte beider Objektivgläser, deren Achsen senkrecht zu den Okularachsen stehen, sind genau 1,62 m voneinder entfernt. Die durch die Objektive einfallenden Strahlen müssen durch die unter 45^0 kurz hinter den Objektiven aufgestellten Metallspiegel S nach den Okularen gebrochen werden, die, um sie auf das Objekt einstellen zu können, verschiebbar angeordnet sind.

Hinter jedem der biconvexen Okulare ist nochmals ein Spiegel s unter 45^0 aufgestellt, der die Lichtstrahlen nach oben an die Stelle wirft, an der sich die Okularöffnungen befinden.

Das eine Fernrohr liegt fest, das andere ist um den Punkt D mittels einer Mikrometerschraube m, von der 16 Umdrehungen genau 1^0 messen, beweglich. Die ganzen Umdrehungen werden durch den Zeiger z auf der Skala m angezeigt, die Hundertstel mit dem Zeiger i auf der Teilscheibe p. Das ganze Instrument ruhte auf einem Stativ, wie es bei den Meßtischen und Scheibeninstrumenten Verwendung fand.

Die große seitliche Ausladung des Distanzmessers, verbunden mit dem sehr wenig stabilen Stativ, verursachen fortgesetzt starke Schwankungen, so daß Brander auf eine gedrungenere Konstruktion und andere Unterstützungen verfiel. (Siehe Abb. 32.) Den entsprechend abgeänderten Distanzmesser sandte er als Lösung der gestellten Preisfrage an die Dänische Akademie und erhielt dafür als Preis eine goldene Medaille und 100 Thaler.

Zu diesem Wettbewerb hatte auch Professor Dr. J. Helfenzrider S. J. aus Ingolstadt die Beschreibungen dreier Instrumente, darunter die des Paceccoschen Pantometers, zu dem er noch mehrere Verbesserungen angab, eingeschickt.

Anläßlich dieser Preisausschreibung sagt Prof. J. T. Mayer im zweiten Band seiner praktischen Geometrie S. 314: Indessen hatte doch die Societät der Wissenschaften in Koppenhagen eine Preisfrage fürs Jahr 1778 aufgegeben, worin die beste Einrichtung solcher Instrumente, Weiten aus einem Stande zu messen und die damit zu erhaltende Genauigkeit, verlangt wird. Ich zweifle, ob ein einfacheres, als das Paceccianische Pantometrum, die Frage beantworten wird."

[1]) Er ist unter dem Titel: Pantometrum Paceccianum calculis et observationibus examini a Christiano Mayer, Mannheim 1767. beschrieben.

[2]) Sie sind beschrieben in den Abhandlungen, die von der kgl. dänischen Gesellschaft (Akademie der Wissenschaften) im Jahre 1778 den Preis erhalten haben. Copenhagen 1781. Ferner in: G. F. Brander, Beschreibung eines neu erfundenen Distanzmessers aus einer Station. Augsburg 1787.

Abb. 31.

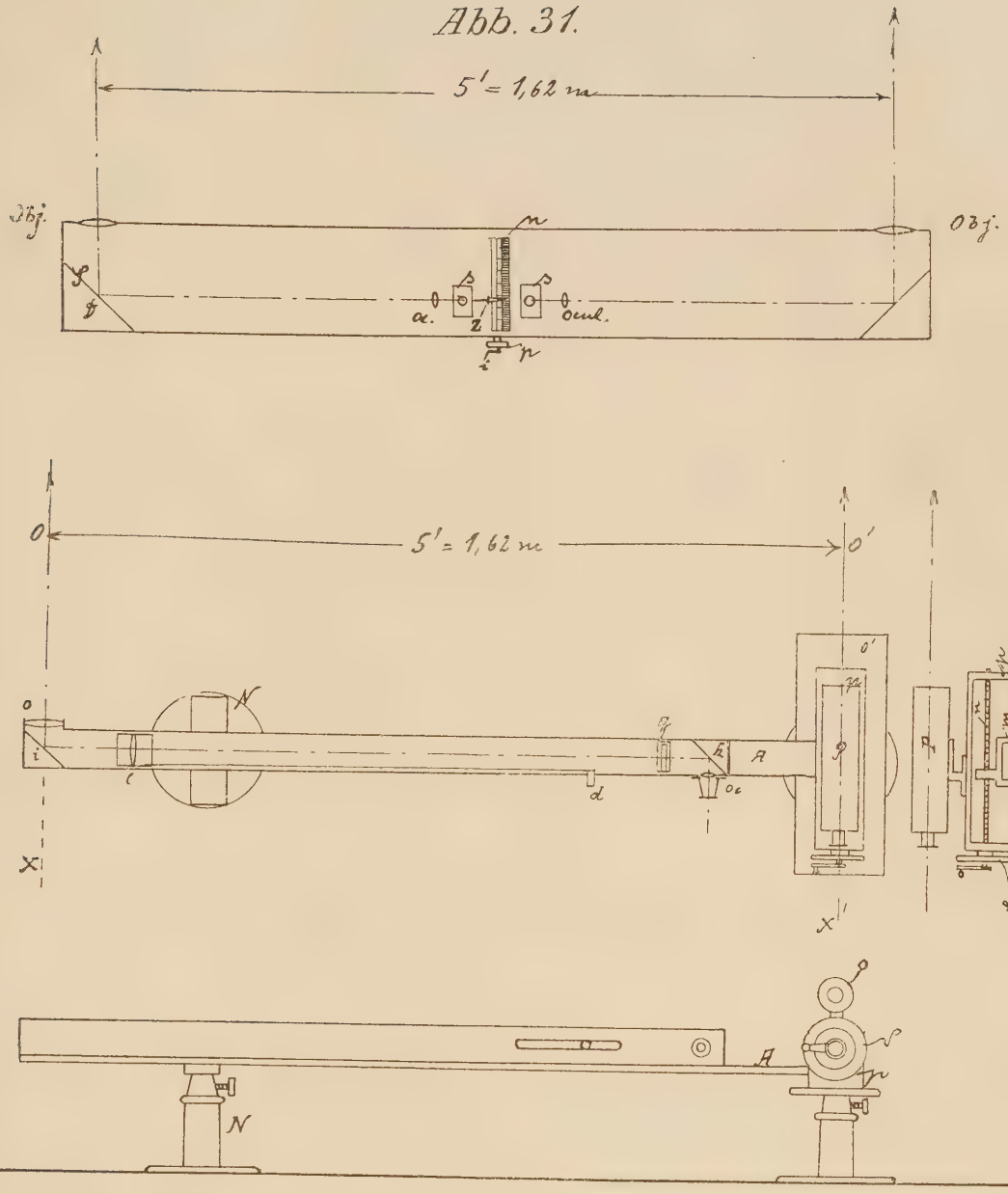


Abb. 32.

Dieser neue Brandersche Distanzmesser (Fig. 32) bestand aus einem 1,46 m langen in Holz gefaßten Fernrohr, dessen Objektivbrennweite 9′ 8″ = 3,13 m betrug. Da Objektiv und Okular bei diesem Fernrohr unbeweglich waren, so hatte Brander ein Kollektiv c von der Brennweite 7,5′ = 2,4 m in einer besonderen Fassung eingesetzt. Dasselbe kann auch durch das Zäpfchen d, von dem eine Führung zum Kollektiv vorlief, je nach der Entfernung des zu beobachtenden Objekts, verschoben werden. Die Okularverschiebung vermied Brander hierbei, weil sie bei dem früheren Distanzmesser eine Verschiebung des Instruments und somit Unrichtigkeiten in der Messung verursacht hatte. In der Gegenstandsweite des Okulars, die je nach der deutlichen Sehweite eines Auges verschieden ist, ist das mit zwei sich rechtwinkelig kreuzenden Strichen versehene Glasmikrometer verschiebbar eingesetzt. Durch die beiden Metallspiegel i und h werden die Lichtstrahlen in der entsprechenden Weise zum Okular reflektiert. Das Fernrohr ließ sich um den Ständer N drehen. Bei A reichte es mit seiner messingenen Verlängerung A′, auf der die Mikrometerschraubenmutter m stand, bis in das Gehäuse des Mikrometers p. Die auf der Schraube n sitzende Teilscheibe S ist in 100 Teile geteilt. Die Steigung der Mikrometerschraube n ist so angenommen, daß 37,965 Umdrehungen der Scheibe S für den Radius 0 0′ = 1,62 m, einer Verschiebung der beiden Achsen 0 X, 0′ X′ um 1 Grad und 0,63 Umdrehungnn um 1 Minute entsprachen. (Siehe Abb. 33.)

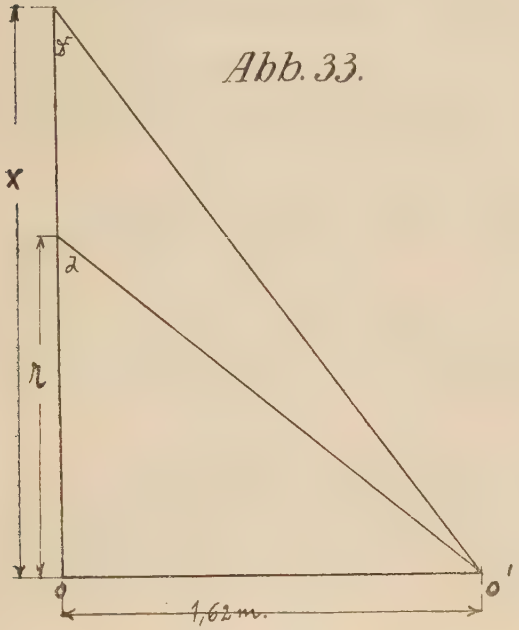


Abb. 33.

Als Fernrohr P diente (um es kurz halten zu können), ein Gregorianisches Spiegelteleskop von 9 Zoll = 0,244 m Länge, das in seiner vergrößernden Wirkung einem 1,6—1,9 m langen dioptrischen Fernrohr entsprach.

Die Entfernungsbestimmung ist nun ziemlich einfach. Die Basis ist 0 0′ = 1,62 m. Da außerdem für eine bekannte Entfernung r die dem Winkel d entsprechende Anzahl Umdrehungen der Scheibe S bekannt war, so ließ sich die gesuchte Entfernung x, wenn nur die, dem Winkel D entsprechenden Revolutionen abgelesen wurden, durch die Gleichung

$$\frac{x}{r} = \frac{d}{D}$$

$$x = \frac{d \cdot r}{D} \text{ finden.}$$

Nun war für jedes Instrument r . d = Const. = C,

$$\text{also: } x = \frac{C}{D}$$

Achromatische Fernrohre.

In ganz hervorragendem Maße besaß Brander die für alle Forscher unentbehrliche Eigenschaft, einen ins Auge gefaßten Plan unermüdlich, durch Fehlschläge nicht entmutigt, weiter zu verfolgen. Man erkennt dies leicht, wenn man der von ihm in seinem Manukript: Beschreibung der verschiedenen Teilungsmethoden auf Glas, angedeuteten Schwierigkeiten gedenkt, die sich bei Herstellung von Schrauben konstanter Steigung ergaben.

Die gleiche Erscheinung wiederholt sich bei seinen Bemühungen, achromatische Fernrohre herzustellen. Es würde zu weit führen, alle seine Versuche, die ja im Lambert-Branderschen Briefwechsel zu verfolgen sind, hier anzugeben. Brander war die von Euler angegebene Theorie astronomischer Linsensysteme bekannt, wie aus dem Brief Lamberts an ihn vom 28. November 1767 hervorgeht. Lambert schrieb da: „Hier (Berlin) gab bereits vor drei Jahren Herr Euler die Rechnungen zu Fernröhren aus Flintglas und Crownglas an.“

Durch sieben Jahre korrespondierte er mit Lambert über diesen Gegenstand, stellte Versuche mit englischem und deutschem Glase an, wobei er selbst in den Glashütten Gläser nach seinen Angaben goß.[1]) Ferner erwarb er ein Dollondsches achromatisches Fernrohr und ließ sich von Lambert die Maße von in Deutschland und Frankreich befindlichen achromatischen Röhren angeben. Nach siebenjährigen Bemühungen gelang es ihm 1773, brauchbare, achromatische Fernrohre herzustellen.

[1]) Seine hierbei gemachten Erfahrungen teilte er Lambert in einem Brief vom 22. Oktober 1770 mit.

Spiegelteleskope.

So lange man noch keine oder wenigstens sehr mangelhafte achromatische Linsen besaß, bot das Spiegelteleskop gegenüber dem dioptrischen Fernrohre große Vorteile. In ihm ist das Objektiv durch einen Hohlspiegel ersetzt, bei dem die chromatischen Abweichungen fortfallen.

Brander verfertigte sie als Erster in Deutschland und zwar in den damals gebräuchlichsten zwei Ausführungen. In den Newtonischen Spiegelteleskopen fallen die von einem Gegenstande kommenden Strahlen auf einen metallenen Hohlspiegel, werden von hier reflektiert und noch ehe sie sich zum reellen Bilde vereinigen, durch einen unter 45^0 geneigten Planspiegel nach der zylindrischen Wand des Teleskops gebrochen. In dem an dieser Stelle des Rohres befindlichen Einsatz ist ein zusammengesetztes Okular angebracht, durch das das Bild wie durch eine Lupe betrachtet wird.

Sobald man entdeckt hatte, daß sich die Strahlenbrechung nach einem gegebenen Verhältnis der sinus richtet (siehe Bauernfeind, Vermessungskunde), fanden Des Cartes und andere, daß alle Strahlen eines Lichtkegels durch ein Glas, dessen Oberfläche überall gleichen Krümmungsradius besitzt, nicht nach einem Punkt zu brechen waren und die Abweichungen mit der Breite des Glases wuchsen.

Diese Abweichung (sphärische Aberration) sah man für die alleinige Ursache der Undeutlichkeit der Fernrohrbilder an und glaubte, daß nach Kegelschnitten geschliffene Gläser zu einer vollkommenen Strahlenvereinigung dienlich wären.[1])

Newton war auch dieser Meinung, bis er seine Theorie der Farben entdeckte und sah, daß Gläser, die eine Art von Strahlen aufs Genaueste vereinigen, dies mit einer anderen Art nicht tun. Er erkannte die chromatischen Eigenschaften der Gläser und kam auf den Gedanken, Spiegel zu Fernrohren zu verwenden, die diese Erscheinung nicht zeigen.

Die von Brander verfertigten Newtonschen Teleskope waren mit Glasmikrometern versehen.

Auch die von J. Gregory aus Aberdeen schon früher erfundenen, nach ihm benannten Gregoryanischen Spiegelteleskope, verfertigte Brander in großer Auswahl. In mehreren, den Beschreibungen seiner Instrumente beigedruckten Verzeichnissen gibt er fünf verschiedene Größen mit Längen von 9″, 16″, 27″, 36″, 48 Zoll an, die nach seinen Angaben im Lambertschen Briefwechsel S. 260 die gleiche vergrößernde Wirkung hatten, wie 5—6′, 9—10′, 15′, 20′, 22schuhige dioptrische Fernrohre.

Der Strahlengang in den Gregoryanischen Teleskopen ist ein anderer wie in den Newtonschen, aber nicht so vorteilhaft, was Newton in den philosophischen Transaktionen vom Jahre 1683 beweist. Gregory beschreibt seine Erfindung in dem Werk Optica promota 1663. Er kam zur Verwendung der Spiegel nicht durch die damals noch unbekannte variable Brechnung der Lichtstrahlen, ihn brachten vielmehr die Schwierigkeiten, die er bei Verwendung hyperbolischer Objektive voraus sah, darauf. Der von ihm gebrauchte große Spiegel, der die Stelle des Objektivs vertritt, war in seiner Mitte durchbohrt. Die von irgend einem Gegenstand auf den Spiegel fallenden Strahlen wurden nach einem zwischen Brennebene und Krümmungsmittelpunkt stehenden, kleineren Hohlspiegel reflektiert. Dieser warf die Strahlen durch die Öffnung des großen Spiegels und erzeugte auf einem in einer Röhre angebrachten Glasmikrometer ein reelles Bild, welches durch ein einfaches oder zusammengesetztes Okular vergrößert wurde.

Brander gibt an keiner Stelle seiner Schriften etwas über die Herstellung der Linsen und Spiegel an, doch dürfte er hierbei wohl in gleicher Weise verfahren sein, wie Joh. Chr. Hertel in dem von ihm aus dem Französichen übersetzten Werke, dessen Verfasser nicht bekannt ist, angibt. Der Titel dieser Schrift lautet: Richtige Anweisung reflektierende Telescopia nach Gregorianischer und Newtonischer Art sammt zugehörigen Spiegeln und Gläsern zu verfertigen. Halle 1747.

Es wird in diesem Werke die Herstellung der Spiegel und Gläser bis in die kleinsten Details beschrieben.

Da eine einigermaßen übersichtliche Darstellung dieses Gegenstandes sehr viel Raum erfordern würde, so verweise ich auf die eben angeführte Schrift und die von Huygens und einigen anderen englischen Gelehrten herrührende Abhandlung über die Verfertigung optischer Werkzeuge, die in A. G. Kästners Lehrbegriff der Optik, Altenburg 1755, 3. Buch, Kap. 1—3, S. 259—93 zu finden ist.

Die in beiden Werken angeführten Verfahren sind, obgleich die Autoren zwei verschiedenen Nationen angehören, abgesehen von kleinen Abweichungen, die gleichen; was mich in der Annahme, daß sich auch Brander dieser Herstellungsmethoden bediente, bestärkt hat.

[1]) Die analytische Rechnung hierzu findet sich in: A. G. Kästner, Vollständiger Lehrbegriff der Optik. Analytische Dioptrik. 5. Kap. 5. Satz 21—28. Seite 228—230.

Die Luftpumpen (Antlien).

Obgleich wohl Brander seine große Bedeutung hauptsächlich durch hervorragende Erfindungen und Verbesserungen geodätisch astronomischer Instrumente erlangte, so sind doch seine Bemühungen und Erfolge, die er beim Bau mehr in das Gebiet der Physik einschlägiger Apparate erzielte, durchaus beachtenswert.

Durch die vorzügliche Ausführung einer Luftpumpe, die Brander nach der Schweiz verfertigte, begründete er seinen Ruf als geschickter Mechaniker. Er verbesserte sowohl die von s'Gravesande konstruierte zweizylindrische Luftpumpe, die J. v. Muschenbroek in seiner Schrift: Descript. de nouvelles Sortes de Machines pneumatiques (die Beschreibung findet sich am Ende der Schrift P. v. Muschenbroeks: Essai de Physique) beschreibt, als auch die von O. v. Guerike erfundene, von Boyle und Nollet verbesserte, ferner die von Prof. Sengwerd aus Leyden herrührende, bei der der Kolben schief oder horizontal lag, in allen ihren Teilen durch exakte Ausführung und brachte sie in eine handliche, gedrungene Form, so daß sie, von ihm mit selbsttätiger Steuerung versehen, durch den Experimentator leicht bedient werden konnte. Die Steuerung bestand im wesentlichen aus einem Hebel, der auf der den Kolben bewegenden Kurbelwelle aufgezogen war.

Dieser Hebel öffnete und schloß bei seinem Hin- und Rückgang das Kolbenventil, so daß zur Evacuierung eines Rezipienten nur noch eine Umstellung des Dreiweghahns erforderlich war.

Brander verfertigte hauptsächlich drei Arten von Luftpumpen, die sich in ihrer Größe, Konstruktion und der Anzahl der Kolben unterschieden.[1]) In einem Brief an Lambert vom 11. Dezember 1768 gibt Brander die Maße der beiden größeren Arten, einer doppelten, von ihm verbesserten s'Gravesandischer Art und einer einfachen kleineren an. Da aber beide Arten noch ziemlich groß und teuer waren, so konstruierte er später eine kleinere Luftpumpe, die bequem von einem Manne getragen und leicht bewegt werden konnte. Er gab ihr den Namen Cabinets Antlia[2]) und sprach in seiner Beschreibung den Plan aus, auch sie doppelt wirkend zu konstruieren. Ihre Abmessungen sind in einem Brief an Prof. Lambert vom 20. April 1772, S. 329, angeführt.

In welch großer Anzahl er Luftpumpen herstellte, wird am besten aus einer Stelle des nämlichen Briefes vom 11. Dezember 1768 ersichtlich. Er sagt: „Der engste Preis einer solchen Perpendicular-Antlia ist mit Inbegriff ihres Apparats von Nebeninstrumenten und Gläsern 210 fl. Diese Art ist ohnstreitig die richtigste sowie die commodeste unter allen; von diesen ist auch bereits eine vorrätig vorhanden. Da ich bereits 87 Antlien in Augsburg von verschiedenen Arten groß und klein ausgefertigt habe, so hat doch keine Art so viel Beyfall gefunden wie diese, besonders wegen des so bequem angebrachten Barometers und übrigen reinen Ausarbeitung und Dauer."

Die hydrostatische Wage.

Große Verdienste erwarb sich Brander um die Verbesserung der hydrostatischen Wagen. Da sich die ihm gestellten Aufträge hauptsächlich auf Wagen zur Bestimmung des Salzgehalts der Solen für die österreichischen und bayerischen Bergwerke in Salzburg und Reichenhall bezogen, so waren seine ersten hydrostatischen Wagen, Salzwagen.

Die in jener Zeit bis 1768 dort gebräuchlichen Instrumente erlaubten nur eine schätzungsweise Feststellung des Salzgehalts. Über die Schärfe der Angaben der Branderschen Wage spricht sich Prof. Lambert in seinen Anmerkungen über die hydrostatischen Wagen, § 11, sehr zufriedenstellend aus. Diese, nach mehrjährigen Versuchen 1770 verfertigte Wage,[3]) die hauptsächlich zur Prüfung von Salzsohlen eingerichtet war, bestand aus einer Rolle R (siehe Abb. 34), in deren ausgedrehten Rand ein Faden lief. Am Ende dieses Fadens hing eine Glaskugel, durch deren Auftrieb die spezifische Beschaffenheit der Solen bestimmt wurde. Von der Rolle aus lief ein langer, schmaler Arm, an dem der Gradbogen A angeschraubt war. Die Achse Z war auf zwei Glasstifte i gelagert, um Reibungen möglichst zu vermeiden. Der Limbus A war mit drei Teilungen versehen. Die erste, die angab, wieviel Salz in Pfunden und $^1/_4$ Pfunden in einem Kubikschuh Sole enthalten sind, nannte er Skala pro pondere salium. Die zweite

[1]) Ihre Einrichtung ist beschrieben in: J. v. Muschenbroek, Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe. Augsburg 1765. Aus dem Französischen übersetzt von M. J. C. Thenn.

[2]) G. F. Brander, Beschreibung einer kleinen Luftpumpe oder Cabinets Antlia. Augsburg 1774.

[3]) Sie ist beschrieben in: G. F. Brander, Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage. Augsburg 1771.

Teilung gab das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit bis zu einer Genauigkeit von vier Loth pro Kubikschuh an und führte die Bezeichnung Scala Hydrostatica. Die dritte, auf der anderen Seite befindliche Teilung gab nicht nur die spezifischen Gewichte der Solen, sondern auch anderer Flüssigkeiten an, wobei das spezifische Gewicht von Regenwasser als Einheit = 1000 angenommen war. Der Einteilung des Gradbogens war teilweise par. Maß und Gewicht zu Grunde gelegt, wonach ein Kubikschuh Regenwasser 70 Pfund wog. Bei anderen wiederum, war die Teilung nach Churbayerischem Maß und Gewicht eingerichtet, so daß ein Kubikschuh Regenwasser zu 44,5 Pfund angenommen war.

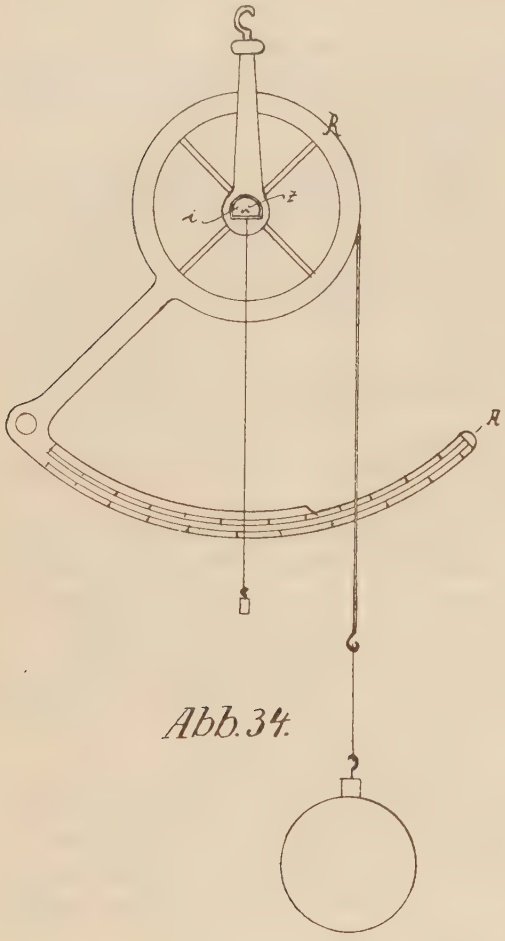


Abb. 34.

Die häufige Nachfrage nach diesen Instrumenten und die hierbei geäußerten Wünsche, die sich hauptsächlich auf billigere Preise und größeren Spielraum in der Skala bezogen, so daß noch spezifisch ziemlich leichte als auch schwere Flüssigkeiten geprüft werden konnten, veranlaßten diesen mit einem nie rastenden Geist ausgestatteten, seltenen Mann auf andere, einfachere Formen zu denken und so entstand die zweite Art hydrostatischer Wagen,[1]) die in Form und Prinzip dem Skalenaräometer glichen (siehe Wahrburg, Experimentalphysik S. 61). Diese Form war durchaus nicht neu, wohl aber der Gedanke, die ganze Skala der Wage in fünf Schwimmer zu zerlegen, damit einem einzelnen nur ein kleiner Abschnitt zukam, somit die Instrumente viel empfindlicher konstruiert werden konnten. Zum Unterschied waren die beiden, zur Prüfung leichterer Flüssigkeiten wie Regenwasser bestimmten Schwimmkörper mit einer roten Glaskugel versehen. Die Skala der ersten begann bei 56 Wiener Pfund d. h. beim spezifischem Gewicht des Regenwassers (nach Muschenbroek 1 Kubikschuh Regenwasser 56 Wiener Pfund), sie endigte bei 52 Pfund. Die zweite Wage begann bei 52 Pfund und endete mit 48.

Die zwei für Flüssigkeiten schwerer als Wasser bestimmten Wagen waren durch schwarze Kugeln gekennzeichnet. Die erste begann bei 56 Pfund und endete bei 60, die zweite ging von 60—64 Pfund. Zu einem Satz gehörte noch eine fünfte Wage, deren äußeres Kennzeichen eine gelbe Kugel war. Ihre Skala begann bei 57 und ging hinauf bis 55 Pfund. Sie diente zur Bestimmung des spezifischen Gewichts solcher Flüssigkeiten, die nur um weniges leichter oder schwerer als Wasser sind, so daß man ihr spezifisches Gewicht mit den vier ersten Wagen, deren Skalen von 4 zu 4 Loth fortliefen, nicht scharf genug angeben konnte. Die gelbe Wage war hingegen bis zu einem Loth geteilt und konnte $^1/_2$ Loth noch gut geschätzt werden.

Mit einem beiliegenden Thermometer wurden alle zu prüfenden Flüssigkeiten erst auf gleiche Temperaturen abgeglichen.

Thermometer.

Brander verfertigte sowohl Quecksilber- als Weingeistthermometer. Die ersteren waren mit Reaumurscher und Fahrenheitscher Skala versehen. Die letzteren, die nach den Angaben Mich. du Crests[2]) in seinem Institut verfertigt wurden, vervollkommnete er, durch Anbringen der acht bekanntesten Thermometerskalen auf einer kupfernen Platte, zu Universalthermometern.[3]) Es waren die alte und neue Reaumursche Skala, die Newtonsche, die Delisl'sche, die

[1]) Sie sind beschrieben: Neue Art einer hydrostatischen Senkwage; es ist die 2. Beilage in: G. F. Brander, Beschreibung des von ihm neu verfertigten Spiegelquadranten nach Hadleys Theorie. Augsburg 1777.

[2]) M. du Crest, Sammlung kleiner Schriften von Thermometern und Barometern. Augsburg 1772.

[3]) Sie sind beschrieben in: G. F. Brander, Nachricht von dem Universalthermometer welches von Weingeist der das Pulver anzündet gemacht ist.

Fahrenheitsche, die des Thermometers von Hales, Fowlers und des Lionschen auf der Platte aufgetragen; eine Einrichtung, die zu einer Zeit, zu der noch keine Art des Thermometers allgemeinen Gebrauch erlangt hatte, um viele Umrechnungen zu vermeiden, sehr erwünscht war.

Die Füllung bestand aus Weingeist, dessen Probe auf Reinheit und Wasserfreiheit durch Anbrennen eines Teils desselben vorgenommen wurde. Bei der großen Art ging die Skala von -30^0 Cels. bis zum Siedepunkt des Wassers bei einem Stand des Quecksilberbarometers von 27 königl. Zoll 9 Linien (100^0). Die kleineren Arten besaßen keine so langen Röhren und waren nur bis 60 oder 70^0 geteilt.

Interessant ist die Äusserung Branders im Lambertschen Briefwechsel S. 394: „Denn wenn ich 100 Thermometer mache, so muß bei keinem die 30^0 über oder unter Tempéré jemals einer von dem andern um $^1/_2$ Grad differieren. Bei kalt gefüllten Barometern setze es eben auch keine sonderlichen Unterschiede ab, wenn man lauter Röhren von einerlei Caliber haben könnte. Bei dem gesottenen aber eher, wenn sie nicht einerley Grade der Hitze ausgestanden haben. Allemal aber verursachen die verschiedenen Weiten der Röhren eben so viele differierende Höhen.“

Barometer.

Barometer verfertigte Brander in zwei Ausführungen,[1]) die er durch viele Bemühungen soweit vervollkommnete, daß sie bei gleichem Druck stets gleiche Höhen angaben. Außerdem konnte das Quecksilber durch Schrauben in seinem Glasbehälter fest eingeschlossen werden, wodurch sie als Reisebarometer gute Dienste leisteten.

Dem Prinzip nach war das eine ein Heber-, das andere ein Gefäßbarometer. Die Skala des Heberbarometers ließ sich in Richtung der Quecksilbersäule verschieben, um Differenzen, die durch Einfüllen von etwas zu viel oder wenig Quecksilber in den oben offenen Schenkel entstanden waren, ausgleichen zu können. Auf der Skala war 1 franz. Zoll in 12 Linien eingeteilt. Die Länge der ganzen Skala betrug $28'' = 757{,}56$ mm. Außerdem waren darauf noch die mittleren Barometerhöhen von 21 Orten verzeichnet.

Die Skala des Gefäßbarometers war die gleiche, nur unverschiebbar befestigt, so daß Differenzen des Quecksilberniveaus durch eine auf dem Gefäß angebrachte Skala ersichtlich wurden.

Die Hygrometer.

Das Hygrometer, welches von Brander verfertigt wurde und von Prof. Lambert erfunden war,[2]) bestand aus einem ungefähr 1 Zoll langen Stück Darmsaite, das nach Angabe Branders in eine Messingdose, die von allen Seiten der Luft den Zutritt leicht gestattete, eingeschlossen war. Die Saite wurde von allen anhaftenden leimigen Substanzen durch anhaltendes Wässern befreit, so daß sie nur noch ihre natürliche Drehung besaß. An ihrem einen Ende war ein Zeiger befestigt, der über einer Skala lief, die in 360 Teile geteilt war. Hierbei stellte 180^0 die mittlere Feuchtigkeit vor; niedrigere Zahlen, also 170, 160 . . . zeigten eine größere Feuchtigkeit der Luft an, höhere Zahlen (190, 200 . . .) entsprachen zunehmender Trockenheit. Den mittleren Feuchtigkeitsgrad hatte Lambert aus jahrelangen Beobachtungen an seinem Normalhygrometer gefunden. Die Hauptarbeit Branders bestand im Studium der Eigenschaften der Dermsaiten und Festsetzung eines Fixpunktes für die absolute Trockenheit der Luft. Zuerst versuchte er mit seinem Hühnerbrutofen einen Punkt größter Trockenheit zu finden. Später bediente er sich eines luftdicht abgeschlossenen Glaskastens, aus dem er den Wasserdampf mit hygroskopischen Substanzen entfernte. Die langjährigen Bemühungen Lamberts und Branders um dieses Instrument lassen sich in ihrem Briefwechsel genau verfolgen.

[1]) Sie sind beide beschrieben in: G. F. Brander, Kurze Beschreibung zweier besonderer und neuer Barometer. Augsburg 1772.

[2]) Eine Beschreibung dieses Hygrometers gibt die Lambertsche Abhandlung Essai d'Hygrométrie. Sie wurde von Branders Schwager Herrn J. G. Thenn, Stadtpfarrer von St. Anna in Augsburg übersetzt, und erschien unter dem Titel: Herrn Prof. Lamberts Hygrometrie oder Abhandlung von den Hygrometern, Augsburg 1774; Fortsetzung der Hygrometrie 1775. Abbildung auf dem Titelblatt.

Manometer.

Das von Brander konstruierte Manometer[1]) bestand aus einer gebogenen Glasröhre, an deren beiden Enden kleine Kölbchen angeblasen waren. In die Röhre wurde ein Tropfen Quecksilber gebracht. Sie war auf einer Skala befestigt, deren Nullpunkt vom Barometer- und Thermometerstand abhängig gemacht war. Bei 0^0 Cels. und einer Barometerhöhe von 26″ 6‴ (mittlere Barometerhöhe von Augsburg[2]) = 717,06 mm wurde der Stand des Quecksilbers zu Null angenommen. Hierdurch wurde die Ungleichheit der Manometerangaben, ein Nachteil, der den Boyleschen und Guerickeschen Manometern anhaftete, beseitigt.

Maschenbauer sagt in seiner Abhandlung: „Indessen wird doch durch die Einteilung des Manometers bei einem bestimmten Barometer- und Thermometerstand die Ungleichheit dieser Instrumente, die bei willkürlicher Einteilung unvermeidlich ist, abgeholfen, und man siehet mit Vergnügen an diesem Instrumente die Dichtigkeit der Luft bei dem vermehrten oder verminderten Druck und Schwere der Luft sowohl als der größern oder geringern Kälte derselben wachsen und abnehmen.“

Hietometer.

Ein für meteorologische Stationen sehr nützliches Instrument, welches Brander Hietometer nannte und zum Messen von Niederschlagsmengen diente, wurden von ihm in zwei Größen verfertigt.

Das größere bestand im wesentlichen aus einem quadratischen Glaskasten, dessen Grundflächen Seitenlänge 36 Wiener Zoll betrug. An der einen senkrechten Seitenwand war eine Teilung angebracht, die angab, wieviel Regen auf die Fläche in Wiener Gewicht gefallen war. Die Ausmaße des kleineren Hietometers sind mir nicht bekannt.

Eudiometer.

Ein anderer Apparat, der ihm verfertigt wurde und den Namen Eudiometer[3]) führte, diente zur Prüfung der Reinheit der Luft in geschlossenen Räumen. Er bestand aus einer einseitig geschlossenen, 10 Zoll langen Glasröhre, auf der eine Teilung aufgetragen war. Hales hatte gefunden, daß reine und verunreinigte Luft miteinander vermischt, einen Niederschlag braunroter Dämpfe ergaben, wobei eine Volumenverringerung eintrat.

Bei einer vorzunehmenden Luftprobe wurde das Eudiometer unter Wasser mit bestimmten Teilen reiner und zu untersuchender Luft gefüllt. Je näher nach eingetretener Mischung das Volumen gleich der Summe beider Volumina blieb, für desto reiner hielt man die untersuchte Luft.

[1]) Es ist im Augsburger Intelligenzblatt 1778, Nr. 12, S. 49, in einer kleinen Abhandlung von J. A. Maschenbauer besprochen. Maschenbauer führte bis zu seinem Tode die hygrometrischen Beobachtungen in Augsburg aus.

[2]) Brander gibt in seiner Schrift: Kurze Beschreibung zweier Barometer S. 7 die mittlere Barometerhöhe von Augsburg zu 26″ 3‴ par. = 710,31 mm an.

[3]) Dieses Instrument ist kurz beschrieben in den Münchener gelehrten Anzeigen 1790.

Elektrische Apparate.

Auch mit der Herstellung einfacher elektrischer Apparate befaßte sich Brander. So verfertigte er Kunstmagnete, Elektrophors[1]) und Leidner Flaschen, ferner Elektrisiermaschinen verschiedener Kunstruktion; um hiermit Versuche ausführen zu können, außerdem noch eine große Anzahl einfacher Hilfsapparate, deren Gebrauch er in seiner unter 1 angeführten Abhandlungen, durch Zeichnungen unterstützt, beschreibt.

Von seinen Elektrisiermaschinen gibt er selbst keine Nachricht und ich weiß nur, daß die größeren, die mehr wissenschaftlichen Zwecken dienten, mit Umdrehungszähler und Funkenmesser versehen waren.

Deklinatorien und Inklinatorien.

Die von Brander zu seinen Deklinatorien[2]) verwendeten Magnetnadeln waren nicht, wie damals üblich, auf die breite Seite, sondern hochkant gestellt und so viel als möglich magnetisch gesättigt.

Die in einem rechteckigen Gehäuse aus Mahagoniholz sich bewegende Nadel konnte nach beiden Seiten um 30^0 ausschlagen. Mittels zweier, auf einer steinernen Unterlagsplatte befindlichen Diopter wurde das Deklinatorium in den geographischen Meridian gebracht. Die Verbindungslinie des Nullpunkts der auf der Platte verzeichneten Kreisteilung mit dem Drehpunkt der Magnetnadel, war parallel zur Absehlinie der Diopter. An dem, um das Magnetzentrum drehbaren Gehäuse war ein Nonius befestigt, mit dem die Abweichung der Nadel vom geographischen Meridian von drei zu drei Minuten abgelesen werden konnte.

Die am magnetischen Inklinatorium auftretenden Fehler, verursacht durch die geringe, nicht zu vermeidende Abweichung des Schwerpunktes der Nadel von der Magnetdrehachse, versuchte Brander mit Erfolg, durch den sogen. Äquationsring zu kompensieren. Konzentrisch zum Inklinationskreis war an dem Nadellager ein kleiner, in Grade geteilter Kreis angebracht. Auf der sehr dünnen, stählernen Achse des Magneten hatte er einen leicht drehbaren Zeiger aufgesteckt. Ehe nun die Nadel magnetisiert wurde, brachte sie Brander in ihre Glaslager und stellte den Inklinationskreis mittels dreier Fußschrauben vertikal. Jetzt brachte er Magnetnadel und Äquationszeiger in horizontale Lage (Nullstellung) und verzeichnete in einer Tabelle die Neigungen, die er dem Zeiger geben mußte, damit sich die Nadel 5, 10 Grad usw. links wie rechts bis 90^0 neigte. (Gleichgewichtslage für alle Nadelstellungen.) Wollte er nun die Inklination finden, so brachte er den um seine vertikale Achse drehbaren, genau vertikal gestellten Inklinationskreis in den magnetischen Meridian, was durch einen auf der Standplatte befindlichen Horizontalkreis leicht zu erreichen war. Hierauf wurde der Äquationszeiger so lange gedreht, bis man die kleinste Inklination der Magnetnadel fand. So ergab sich in Augsburg die kleinste Inklination zu $71^0\,30'$, wenn die Nadel im magnetischen Meridian und der Äquationszeiger nach der Tabelle eines bestimmten Inklinatoriums auf $70^0\,30'$ gestellt war.

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich noch eine *Zusammenstellung der im Branderschen Institut verfertigten Instrumente*[3]) und der darüber vorhandenen Literatur geben. Soweit es mir möglich war, aus den akademischen Rechnungen der philosophischen Klasse der Churbayerischen Akademie der Wissenschaften,[4]) dem Briefwechsel Branders

[1]) Sein Elektrophor hat er beschrieben: Deutliche Anweisung zum Gebrauche des neuen elektrischen Werkzeugs, welches von seinem Erfinder Cas. di Volta den Namen Elektrophor erhalten. Brander und Hoeschel. Regensburg 1775. Eine zweite Beschreibung des Elektrophors gibt er als 3. Beilage zur Beschreibung eines Spiegelquadranten. Augsburg 1777.

[2]) Es ist beschrieben und gezeichnet in: G. F. Brander, Beschreibung eines magnetischen Deklinatoriums und Inklinatoriums. Augsburg 1775. Im Lambert-Branderschen Briefwechsel. Fig. 11.

[3]) Diesen Angaben liegt ein Verzeichnis der im Branderschen Institut verfertigten Instrumente zu Grunde, das der von Ch. C. Hoeschel verfaßten Schrift: Nachricht von dem katoptrischen Zirkel, Augsburg 1783, beigedruckt ist.

[4]) Handschriftensammlung der k. Staatsbibliothek: cod. germ. Nr. 3257.

mit Prof. Goldhover in Polling,[1]) dem Lambert-Branderschen Briefwechsel und den in der Akademie der Wissenschaften in München liegenden Briefen der Akademie, Jahrgänge 1759—90, die Preise Branderscher Instrumente zu erfahren, werde ich sie anführen.

Meine Erwartungen, daß besonders aus den Akademischen Rechnungen die Preise vieler Branderscher Instrumente einwandfrei zu ersehen sein würden, bestätigten sich leider nicht, weil sich meist nur die Gesamtbeträge der bezahlten Rechnungen, häufig ohne Angabe an wen sie gezahlt wurden, verzeichnet finden.

Um zu häufige Wiederholungen zu vermeiden, möchte ich mich einiger Abkürzungen bedienen, die ich hier anführen will:

L. = Lambert-Branderscher Briefwechsel.
G. = Briefwechsel zwischen Brander und Prof. Goldhover.
A. B. = Briefe der Akademie der Wissenschaften (von Brander).
A. R. = Akad. Rechnungen der phil. Klasse der Akademie der Wissenschaften.
* = Ein Instrument dieser Art befindet sich im Deutschen Museum für Meisterwerke der Technik in München.

1. Mathematische Bestecke oder Reißzeuge. Sie sind beschrieben in: Bions mathematischer Werkschule, Nürnberg 1741. 1. Buch, 1.—3. Kap., S. 9—27. Ferner in Dr. F. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst. Halle 1794. III. Kap., § 58, S. 98. Auch in J. T. Mayer's praktischer Geometrie und andren Werken. Der Preis betrug 11 fl., 25 fl., 36 fl. je nach der Größe. *A. B.* 13. August 1783.
2. Einzelne Stücke aus denselben, wenn sie zu halben oder ganzen Dutzend bestellt werden. Eine Nota an Kennedy enthielt folgende Stücke: 1 Reißfeder, 1 Maßstab, 1 Winkelhaken, 3 Farbschälchen und Futteral . . 3 fl. 30 Kr. *A. B.* 13. Aug. 1783.
3. Transporteure gewöhnlicher Form auf Messing und englisch Huf. Sie waren halbkreisförmig, teilweise auch mit einem Alhidadenarm versehen. Eine Zeichnung davon befindet sich auf dem Titelblatt der Branderschen Handschrift: Beschreibung der verschiedenen Teilungsmethoden auf Glas.
4. Transporteure in Form eines Parallelogramms nach englischer Art, sowohl auf Messing als engl. Huf.
5. Lambertsche Transporteure in Form eines rechtwinkeligen Dreiecks, auf Messing, engl. Huf und Glas. Von der rechtwinkeligen Spitze des Dreiecks aus waren auf beiden Katheten die Tangenten der Winkel von 0^0 bis 45 Grad in Abständen von 2 zu 2 Grad aufgetragen. Mit Beispielen seiner Handhabung beschrieben in: Prof. Lambert, Beyträge zum Gebrauch der Mathematik. Berlin 1770. II. Teil, S. 170. Gezeichnet. Tab. I, Fig. 1 u. 2.
6. * Tausendteilige oder verjüngte Maßstäbe, nach anzugebenden, selbst beliebigen Schuhmaßen, zu ganzen und halben Schuhen.
7. Dergleichen auf Glas.
8. Ein System von Maßstäben auf Messing zu ganzen und halben Schuhen. Es ist beschrieben in: G. F. Brander, Beschreibung eines Systems von Maßstäben zu Zeichnungen. Augsburg 1772.
9. Desgleichen auf Glas.
10. Desgleichen auf Holz, bezogen und lackiert.
11. * Ein Glas-Nonius-Maßstab mit einem dazu gehörigen Stangenzirkel. Er ist beschrieben in: G. F. Brander, Die neue Art Winkel zu messen vermittels eines neuen amphidioptrischen Goniometers. Augsburg 1772. 1. Beilage.
12. Logarithmische Rechenstäbe auf Holz geteilt. 1 Paar 1 bis 4 Schuh lang. J. H. Lambert, Beschreibung und Gebrauch der logarithmischen Rechenstäbe. Augsburg 1761.
13. Winkelhaken von Messing auf denen vier Schuhmaße aufgetragen sind.
14. * Proportionalzirkel von Messing. 6 Zoll lang. Es waren sechs der gebräuchlichsten Linien darauf verzeichnet. Beschrieben in: M. Scheffelt, Unterricht vom Proportionalzirkel. Breslau 1781. Preis 3 fl. *G.* 27. Januar 1763.
15. Desgl. 1 Schuh lang mit allen von Scheffelt beschriebenen Linien auf Messing. Preis 6 fl. *G.* 27. Januar 1763. In *L.* 25. Oktober 1769 ist der Preis eines großen Proportionalzirkels auf Messing zu 10 fl. angegeben.
16. * Desgl. perspektivische nach Prof. Lambert auf Messing. Beschrieben und gezeichnet in J. H. Lambert, Kurz gefaßte Regeln zu perspektivischen Zeichnungen vermittels eines Proportionalzirkels. Augsburg 1768.
17. Desgl. auf Holz gezogen und lackiert. Preis 5 fl. *L.* 23. May 1768. *L.* 24. Dez. 1768.
18. Parallellineale verschiedener Grösse. Es bestand im wesentlichen aus einem Lineal und einem an dem Lineal auf zwei gleich großen, mit Riefen versehenen Rädern laufenden Dreieck auf Ebenholz. Das Instrument und sein Gebrauch ist in Dr. F. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst, § 81, S. 163, beschrieben. Er rühmt die Ausführung des Instruments und empfiehlt es zum Gebrauch. Der Preis betrug 12—14 fl. Meinert, S. 163.

[1]) Handschriftensammlung der k. Staatsbibliothek: cod. germ. Nr. 2939.

19. * Parallelogramme oder Pantographen. In *G.* 6. März 1764 gibt Brander drei Größen zum Preis von 8, 10 und 12 fl. an. Beschrieben in Meinert, Anfangsgründe zur Feldmeßkunst. § 149. S. 368.
20. Stangenzirkel von Messing und Holz in verschiedenen Größen. Abbildung und Beschreibung eines Branderschen Stangenzirkels befinden sich in: G. F. Brander, „Die neue Art, Winkel zu messen." Augsburg 1772.
21. Dreispitzige Stangenzirkel mit zwei Schenkeln. Er ist in Mayers praktischer Geometrie und Meinerts Feldmesskunst beschrieben, ferner im Lambert-Branderschen Briefwechsel und in Branders Beschreibung eines Universalmeßtischs Augsburg 1767. 2. Auflage 1772.
22. * Feldmeßlineale oder Visierregeln mit Tychonischen Absehen, auf Meßtischen zu gebrauchen. Sie sind in Mayers praktischer Geometrie beschrieben.
23. * Meßregeln mit einem dioptrischen Fernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld zum Distanzmessen, ausgestattet mit einem vertikalen Halbzirkel, der dreierlei Teilungen, Gradus, Basis und Cathetus, hat und auf jedem Meßtisch gebraucht werden kann. Dieses Instrument gleicht dem in G. F. Brander, Beschreibung eines 8spiegelsextanten, Augsburg 1774, 2. Beilage, beschriebenen, nur ist es in Größe und Befestigungsart verschieden.
24. Desgleichen mit amphidioptrischem Tubus, durch den man vor- und rückwärts visieren kann, Das amphidioptrische Fernrohr ist in: G. F. Brander, „Die neue Art, Winkel zu messen", Augsburg 1772, beschrieben.
25. * Meßtische von verschiedener Größe und Einrichtung mit Stativ. Die Branderschen Meßtische sind in seinen Abhandlungen: Beschreibung eines geometrischen Universalmeßtischs, Augsburg 1767 und 1772, Beschreibung eines Spiegelsextanten, Augsburg 1774, 1. und 2. Beilage, beschrieben. Die damals gebräuchlichsten Meßtische sind in Dr. F. Meinerts Feldmeßkunst S. 74 mit Literaturangaben erwähnt,
26. Meßketten von Messing, nach vorgeschriebenen Schuhmaßen zu 50 und 100 Schuhen.
27. Geometrischer Universalmeßtisch mit dem Tubo amplissimi campi. Er ist in: G. F. Branders „Beschreibung eines Spiegelsextanten", Augsburg 1874, 2. Beilage, erläutert.
28. Der Tubus amplissimi campi besonders ohne und mit Stativ.
29. * Kleine Winkelmesser oder sogenannte Astrolabien mit Tychonischen Absehen und Nußgelenk. Dieses Instrument ist in: F. Meinert, Feldmeßkunst, § 36, S. 54—61, beschrieben.
30. * Scheibenstrument mit dioptrischem Fernrohr Bussole und Zubehör. Es ist in: G. F. Branders „Beschreibung eines Spiegelsextanten", Augsburg 1777, 3. Anhang, beschrieben.
31. Desgleichen mit drei dioptrischen Fernrohren.
32. Desgleichen mit einem amphidioptrischen Tubus, außerdem zur Zollmannschen Meßart eingerichtet.
33. * Ein Instrument, welches von Brander „Observatorium portatile" genannt wurde. Es war ein Theodolit. Er sagt: „Es lassen sich damit die genauesten geometrischen Messungen als astronomische Beobachtungen bewerkstelligen. Im letzten Falle kann es wie ein Azimuthalinstrument, als Instrument des Passages und als eine parallaktische oder Äquatorialmaschine gebraucht werden. Jede Bewegung, die horizontale sowohl als die vertikale geschieht mittels der Schrauben ohne Ende. Der Tubus, welcher achromatisch ist, hat verschiedene Glasmikrometer. Dieser Theodolit ist in: Ch. C. Hoeschel, Kurze Beschreibung eines neuen Winkel- oder Scheibeninstruments, Augsburg 1794, beschrieben. Der noch zu Branders Lebzeiten verfertigte Theodolit war der gleiche, nur zeichnete sich der Hoeschelsche durch genauer arbeitende Schrauben, um deren Vervollkommnung sich Brander seit Ende der fünfziger Jahre bemüht hatte, aus.
34. * Der amphidioptrische Goniometer. Er ist in: G. F. Brander, Die neue Art Winkel zu messen vermittels eines neuen amphidioptrischen Goniometers, Augsburg 1772, beschrieben.
35. * Spiegelquadrant nach Hadleys Theorie zu geometrischem und astronomischem Gebrauch eingerichtet. Er ist in: G. F. Branders Beschreibung eines Spiegelquadranten mit einem Artificalhorizont, Augsburg 1777, behandelt. Sein Preis: 120 fl. *G.* 6. März 1777.
36. * Die neue dioptrische Nivellierwage mit und ohne Stativ. Sie ist von Brander in: J. H. Lambert, Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer, Augsburg 1769, 3. Beilage; ferner im 5. Band der Abhandlungen der kurbayerischen Akademie der Wissenschaften beschrieben. Ihr Preis betrug 85 fl. *G.* 15. Dezember 1772; 80 fl. nach *L.* 5. April 1770.
37. * Libellen zum Horizontalstellen einer Fläche.
38. Das neue Instrument zum Distanzenmessen aus einer Station. Es ist in: G. F. Branders Beschreibung eines neu erfundenen Distanzmessers aus einer Station, Augsburg 1781, beschrieben; ferner in den Abhandlungen, die von der k. Dänischen Gesellschaft 1778 den Preis erhalten haben. Kopenhagen 1781. Im Jahre 1764 verfertigte Brander für den König von Preußen einen solchen Distanzmesser älterer Konstruktion, dessen Preis sich auf 1200 fl. belief.

39. * Ein Instrument in Gestalt eines Proportionalzirkels, 15 Zoll lang mit Absehen (Schiebetachymeter). Es ist beschrieben in: G. F. Branders Beschreibung eines geometrischen Instruments in Gestalt eines Proportionalzirkels. Augsburg 1780.
40. * Der neue Sonnenquadrant. Er ist in: G. F. Branders Beschreibung eines magnetischen Declinatorii und Inclinatorii sowie eines dioptrischen Sonnenquadranten, Augsburg 1779, eingehend behandelt.
41. Planisphärium astrognosticum aequatoriale. Brander sagt davon: „Ein Instrument, mittelst welchem man die Kenntnis des Himmels ohne sonderliche Anweisung erlernen und die Gestalt desselben, die Declinationes und Ascentiones der Sterne, als auch ihren Aufgang, Durchgang durch den Mittagskreis, Untergang, Höhe derselben über dem Horizont, etc. zu jeder Stunde erfahren kann.“ Es ist in der Branderschen Abhandlung: Beschreibung eines neuen Planisphärii astrognostici aequatorialis, Augsburg 1775, beschrieben. Der Preis war: 120 fl. *A. R.* 30. Januar 1775. *L.* 11. Januar 1774.
42. Aequinoctialsonnenuhren ganz von Messing. Genaue Anweisungen und Zeichnungen über die Herstellung einer Aequinoctialsonnenuhr findet man in: Neue Welperische Gnomonica. Nürnberg 1708. I. Teil. 2. Kap. S. 2.
43. * Horizontalsonnenuhren auf Stein, unter verschiedenen Polhöhen zu gebrauchen. Hierzu findet sich die Beschreibung im gleichen Werk I. Teil. 6. Kap. S. 12. Ferner in: J. L. Rost, Astronomisches Handbuch. Nürnberg 1726. 5. Kap. S. 306. Tab. I. Fig. 9.
44. Universalsonnenringe, die man in der Tasche tragen kann.
45. Desgleichen größere auf einer azimutalen Standplatte.
46. Dioptrische Sonnenuhr ganz neuer Art, die auch als ein Scheibeninstrument gebraucht werden kann. Sie ist beschrieben in Ch. C. Hoeschel, Beschreibung seiner bei ihm verfertigten mathematischen Instrumente. Augsburg 1797. Preis 60 fl. *A. R.* 26. Mai 1781.
47. Reduktionsscheibe zur Regulierung der Pendeluhren. Sie ist in: G. F. Branders Beschreibung eines Spiegelquadranten, Augsburg 1777, 1. Beilage, kurz in ihrem Gebrauche erklärt.
48. Compteur, der Sekunden zeigt und schlägt.
49. * Polymetroscopium, ganz von Messing. Es ist in: G. F. Branders Polymetroscopium dioptricum, Augsburg 1764, beschrieben.
50. Gregorianische Teleskope. 9 Zoll lang. Preis 85 fl. *A. B.* 13. Januar 1768.
51. Desgleichen. 16 Zoll lang. Preis 150 fl. *A. B.* 13. Januar 1768.
52. Desgleichen. 27 Zoll lang.
53. Desgleichen. 36 Zoll lang. Dieses war mit einem Stativ versehen, welches Horizontal- und Vertikalwinkelkreise besaß.
54. Desgleichen. 48 Zoll lang, auch mit Stativ. In dem Brief vom 13. Januar 1768 *A. B.* gab Brander den Preis eines größeren Gregorianischen Teleskops zu 230 fl. an. Es muß ein 27 oder 36 zölliges gewesen sein. Es befinden sich mehrere: *.
55. Newtonsche Spiegelteleskope in verschiedenen Größen. Preis 160—200 fl. *G.* 7. Mai 1773.
56. Dioptrische Fernrohre der verschiedensten Längen. Der Preis eines dioptrischen Fernrohrs mit Glasskala $3' = 0{,}972$ m Objektivbrennweite, Rohr von Holz war: 10, 12 bis 15 fl. *L.* 14. Juli 1768. Eins gleicher Brennweite mit Glasmikrometer, vertikalem Halbzirkel, ganz von Messing, kostete 30 fl. *L.* 12. März 1770. Ein Objektiv von $22' = 7{,}128$ m Brennweite für die Sternwarte Berlin mit drei gefaßten Okularen und Glasmikrometern kosteten 35 fl. *L.* 14. Juli 1768.
57. * Achromatische Sehröhren in verschiedenen Längen.
58. Die große Camera obscura. Sie ist in: G. F. Branders Beschreibung einer Camera obscura, Augsburg 1767, Tab. II, behandelt. Ihr Preis betrug 24 fl. *L.* 14. April 1769.
59. Camera obscura, die neueste kleine, von vielfachem Gebrauch. Sie ist in: G. F. Banders, Kurze Beschreibung der neu abgeänderten Camera obscura, Augsburg 1775, beschrieben. Tab. I. Fig. 1 — 8. Ferner in Prof. Spenglers Optik. Augsburg 1775.
60. Eine noch kleinere, die zugleich ein catadioptrisches Perspektiv abgibt. Sie ist in der Ausgabe von 1769 und 1792, Tab. III, Fig. 2, beschrieben. Ihr Preis betrug 10 fl. *L.* 14. April 1769.
61. Einfache Sackmikroskope. (Gefaßte Konvexlinsen.)
62. Mikroskopium compositum. Es ist in: G. F. Branders Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope, Augsburg 1769, und in: J. Spenglers Optik, Augsburg 1775, abgehandelt. Sein Preis betrug in Messing mit Zubehör 75 fl. *A. B.* 13. Januar 1768. *L.* 10. März 1768.
63. Mikroskopium, welches vor ein und ebendieselbe Lentille sowohl simplex als compositum ist, und zwar in beiden Fällen für durchsichtige und undurchsichtige Objekte zu gebrauchen ist. Es ist die Brandersche Universalcamera

mit der mikroskopischen Anrichtung versehen. Seine Beschreibung befindet sich in der Ausgabe der Camera obscura vom Jahre 1775 und ist dort Tab. I, Fig. 5 gezeichnet.

64. * Mikroskopium solare vor transparente Objekte, bei verfinstertem Zimmer zu gebrauchen, mit dem Zusatz, auch auf Glas gemalte Bilder bei Sonnenlicht als Laterna magica zu repräsentieren. Ist in: G. F. Branders Beschreibung einer neuen Art einer Camera obscura ingl. eines Sonnenmikroskops, Augsburg 1767, Tab. III, Fig. 1, beschrieben. Preis 15 fl. *L.* 14. August 1769.
65. Mikroskopium solare für undurchsichtige Objekte. Es ist in: Prof. Spenglers Optik, Augsburg 1775, Tab. VI, Fig. XXX, beschrieben.
66. * Universalthermometer mit Weingeist gefüllt und mit den acht gebräuchlichsten Skalen versehen. Es ist beschrieben in: G. F. Branders Nachricht von dem Universalthermometer. Augsburg ? Muß eine seiner ersten Schriften sein. (Die Komma laufen ganz durch „/", auch fehlt unter seinem Namen das Prädikat: Der Churfürstlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften Mitglied.)
67. Quecksiberthermometer mit Reaumurscher und Fahrenheitscher Skala.
68. * Universalbarometer, welches auch auf Reisen gebraucht werden kann. Es ist in: G. F. Brander, Kurze Beschreibung zweier neuer Barometer, Augsburg 1772, beschrieben.
69. * Hygrometer. Es ist in: Prof. Lamberts Hygrometrie, Augsburg 1774, beschrieben. Sein Preis betrug 8 fl. *L.* 17. Januar 1774.
70. Desgleichen, welche man bei sich in der Tasche tragen kann.
71. Eudiometer. Dieser Apparat ist in den Münchener gelehrten Anzeigen 1770 beschrieben.
72. Dunstmesser von verschiedenen Flächen und Höhen.
73. Manometer von neuer korrespondierender Art. Es ist im Augsburger Intelligenzblatt 1778 Nr. 12 beschrieben. Der Preis war 5 fl. *G.* 6. März 1777.
74. Hietometer oder das neue Regen- und Schneemaß von Glas. Brander führte sie in zwei Größen aus, deren Preis 8 und 5 fl. betrug. *G.* 30. Juli 1779.
75. Witterungstabellen zum Eintragen der meteorologischen Beobachtungen.
76. * Magnetische Deklinatorien mit einer 10 oder 12 Zoll langen Magnetnadel. Es ist in: G. F. Branders Beschreibung eines magnetischen Declinatoriums und Inclinatoriums, Augsburg 1779, beschrieben. Der Preis betrug 60 fl. *L.* 14. Juli 1768.
77. * Magnetisches Inklinatorium mit einem Aequationsring. Es ist in der Nr. 76 angegebenen Branderschen Schrift beschrieben.
78. Boussolen verschiedener Art und Größe.
79. Magnetnadeln verschiedener Länge.
80. Kunstmagnete, 3—10 Augsburger Pfund tragend. Wer den Preis nicht scheut, kann auch solche, die 50, 100 und mehr Pfund tragen, erhalten. So verfertigte Brander 1759 einen vierfachen Magneten, der in Messing gefaßt war und 20—24 Pfund zog. Sein Preis betrug 40 fl. *A. B.* 1759.
81. Assortiments von Kunstmagneten zu Meßmerischen Magnetkuren. Preis: Stück 2 fl. *A. B.* 1765.
82. * Die hydrostatische Wage für Salzsolen und andere Flüssigkeiten. Sie ist in: G. F. Brander, Beschreibung einer hydrostatischen Wage, Augsburg 1771, beschrieben. Ihr Preis betrug 45 fl. *G.* 7. Mai 1773.
83. * Hydrostatische Senkwagen (Areometer) von Glas zur Untersuchung der spezifischen Schwere vieler Flüssigkeiten. Sie sind in dem Augsburger Intelligenzblatt 1777 Nr. 8, S. 34, und in G. F. Branders Beschreibung eines Spiegelquadranten, Augsburg 1777, 2. Beilage, beschrieben. Der Preis betrug 25 fl. *G.* 6. März 1777.
84. * Luftpumpe mit zwei Stiefeln s'Gravesandischer Art. Sie ist in: Muschenbroek, Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, Augsburg 1765, beschrieben. Ihr Preis betrug 450 fl. *L.* 14. Juli 1768.
85. * Eine einfache zum Treten mit Barometer. Sie ist in der unter Nr. 84 angegebenen Schrift beschrieben. Ihr Preis betrug 210 fl. *L.* 14. Juli 1768.
86. Cabinets Antlia mit einem Stiefel. Sie ist in: G. F. Brander, Beschreibung einer kleinen Luftpumpe oder Cabinets Antlia, Augsburg 1774, beschrieben. Ihr Preis betrug 150 fl. *L.* 20. April 1772.
87. Condensationspumpe.
88. Elektrophors verschiedener Art und Größe. Dieser Apparat ist in seiner Abhandlung: „Deutliche Anweise zum Gebrauch des Elektrophors", Regensburg 1776, beschrieben. Der Preis eines Elektrophors mit Zubehör, dessen Größe nicht angegeben, betrug 26 fl. *A. R.* 26. Mai 1781.
89. Elektrisiermaschinen mit Glasscheiben nach englischer Art von verschiedener Größe.
90. Elektrisiermaschine mit Glaskugeln von verschiedener Größe und Einrichtung. Der Preis einer Branderschen Elektrisiermaschine, welche Art ist nicht gesagt, betrug 36 fl. *A. R.* 10. Februar 1789. J. Langenbucher

beschreibt eine Elektrisiermaschine, Augsburg 1780, die mit Branders Maschinen viel gemeinsam gehabt haben wird, weil Langenbucher, wie er selbst sagt, sich guten Rat bei seinem „verehrenswerten Freund und Lehrer" Brander erbat.

91. Das elektrische Kompendium in zwei Futteralen.

92. Elektrische Apparate von verschiedenen Preisen. 4 Leidner Flaschen 18 fl. *A. R.* 10. Februar 1789.

93. Zauberlaternen in verschiedenen Preisen.

94. Gläserne Brennspiegel.

95. Konvexe Brenngläser zu verschiedenen Preisen.

96. Deformationsspiegel, Cylinder, Conus, dreieckiges Prisma, viereckige Pyramide samt gemalten Figuren. Der Preis eines cylindrischen und eines conischen Spiegels, dazu 12 gemalte Figuren, betrug 36 fl. *A. B.* 1763.

97. Glasskalen für alle Arten Fernrohre. Ihre Herstellungsmethoden und Arten sind in der Branderschen Handschrift: Beschreibung der verschiedenen Teilungsmethoden auf Glas, k. Staatsbibl. cod. germ. 3787, ausführlich beschrieben. Von den Preisen der Skalen sagt Brander: „Die nur bloß in Skrupeln eines franz. Zolls (0,225 mm) begehrt werden, davon ist der Preis gewöhnlich 4—6 fl., nachdem sie groß sind; wenn sie aber nach einem gesetzten Valor eines gegebenen Radii müssen formiert werden, so kommen sie auf 8—10 fl. zu stehen." *L.* 5. April 1770.

98. Glasreticula oder Mikrometer für die Mikroskopia composita. Ihre Herstellung ist in der unter Nr. 97 angeführten Handschrift beschrieben.

99. Rhomboidalmikrometer auf Glas. Ihr Gebrauch ist in de la Laude, Astronomie, Paris 1764, § 1868, II. Teil, S. 863, Fig. 147, beschrieben. Ihre Herstellung beschrieb Brander in der eben angeführten Handschrift.

100. Prisma mit Anrichtung zu Untersuchungen der Farben. Sie dienten zum Studium der Verhältnisse der Strahlenbrechungen. A. G. Kästner bringt in seiner Optik S. 430 einen Auszug aus Newtons Lectionibus opticis, in dem er mitteilt, wie Newton die Verhältnisse der Strahlenbrechung fand.

101. Pendeluhren feinster Bearbeitung mit dem Anker des Mr. le Paute.

102. * Katoptrischer Zirkel. Er ist beschrieben in: Ch. C. Hoeschel, Nachrichten von dem katoptrischen Zirkel. Augsburg 1783. * Später formte ihn Hoeschel zu einem kleinen Spiegelsextanten um. Der Preis eines solchen Spiegelsextanten betrug 30 fl. *A. B.* 7. Oktober 1783.

103. Dioptrische Sektoren. Beschrieben in: J. H. Lambert, Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer. Augsburg 1769. 2. Beilage von Brander. Sein Preis in ganzer Länge (1,125 m) mit Stativ betrug 90—100 fl.; in halber Länge ohne Stativ 50—60 fl. *L.* 12. März 1770.

104. * Spiegelsextanten aus Holz. Beschrieben in: G. F. Brander, Beschreibung eines Spiegelsextanten. Augsburg 1774

Nicht angeführt, aber hierher gehörig, sind seine großen astronomischen Quadranten. So verfertigte Brander 1760 für die Akademie der Wissenschaften in München einen Azimutalquadranten, der jetzt im Deutschen Museum zu sehen ist und ein Meisterwerk, das den englischen Instrumenten in keiner Weise nachstand, genannt werden darf. Er glich in Form, Größe und Ausführung dem nach Ingolstadt verfertigten Azimutalquadranten, der von P. Caes. Amman S. J. in der Dissertation: „Quadrans astronomicus novus" Augsburg 1770 beschrieben worden ist. Der Teilkreisradius betrug bei beiden Quadranten 3′ 1″ franz. = 1,001 m, die Objektivbrennweite 1,137 m. Für den Ingoltsädter Quadranten erhielt Brander 1200 fl. *L.* 10 März 1768.

Auch Horizontal- und Mauerquadranten sind aus seinem Institut in großer Anzahl hervorgegangen. Er sagt: (*L.* 14. Juli 1768) „Dessen ohngeachtet aber wäre dieser (Quadrant) nicht der erste gewesen, sondern ich zähle gegen 16 verschiedene, über 2 Schuh bis 4 Schuh im radio haltend, die ich angefertigt habe." Der Preis eines Azimutalquadranten von 3—3 ½ Schuh Radius betrug 600—650 fl. Für einen 2—2 ½ schuhigen, dessen Ablesungen eine Minute geben, fordert er 500 fl. *A. B.* 28. Juli 1758.

Ein von Brander anfangs der 60er Jahre für die Sternwarte Ingolstadt verfertiger astronomischer Sextant ist von Jos. Bullinger S. J. in seiner Dissertation De Altitudine Poli 1767 beschrieben und gezeichnet.

Gold-Wagen. Brander stellte sie in drei Größen her. Der Wâgebalken bestand aus Messing und je nachdem er 12, 9 oder 6 Zoll lang war, kostete die Wage 12, 8, 6 fl. *G.* 21. Oktober 1762.

Verzeichnis der bei meiner Arbeit verwendeten Werke.

Branders Schriften: Silber Gewichts Verhältnisse. Wie solche aus besehenen genauester Abwag- und Collationierung derselben; mit denen, in Hochlöbl. Reichs-Stadt Augsp. Bau Ambt befindlich-, exact congruirenden Silber-Gewichts-Einsätzen de Annis 1515 und 1650 befunden und berechnet worden. Anno 1753 durch G. F. Brander.

Nachricht von den Universalthermometern. Polymetroskopium Dioptrikum, oder Beschreibung eines optischen Instruments, vermittels dessen man die Gesichtswinkel messen kann. Augsburg 1764.

Der neue geometrische Universalmeßtisch. Augsburg 1767. 2. Auflage 1772. rez. *A. D. B.* 10. Band. II. S. 273. (*A. D. B.* = Allgemeine deutsche Bibliothek.)

Beschreibung einer neuen Art einer Camerae obscurae ingl. eines Sonnenmikroskops. Augsburg 1767.

Arithmetica binaria, die Kunst, mit zwei Zahlen sicher zu rechnen. Augsburg 1769. 2. Auflage 1775. *A. D. B.* 13. Band. II. S. 546.

Beschreibung zweier zusammengesetzter Mikroskope. Augsburg 1769. rez. *A. D. B.* 13. Band. II. S. 545.

Beschreibung des neuen dioptrischen Sektors. Augsburg 1769.

Beschreibung einer neu verfertigten Libell- oder Nivellierwage. Augsburg 1769.

Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage. Augsburg 1771. *A. D. B.* 18. Band. II. S. 233.

Die neue Art, Winkel zu messen, vermittels eines neuen amphidioptrischen Goniometers ingl. Linien und Zirkel mit dem Glas-Nonius-Maßstab richtig zu teilen. Augsburg 1772. *A. D. B.* 18. Band. II. S. 578.

Kurze Beschreibung zweier neuer Barometer. Augsburg 1772. *A. D. B.* 18. Band. II. S. 578.

Kurze Beschreibung eines Systems von Maßstäben zu Zeichnungen. Augsburg 1772. *A. D. B.* 18. Band. II. S. 578.

Kurze Beschreibung einer kleinen Luftpumpe oder Cabinets Antlia. Augsburg 1774. *A. D. B.* 25. Band. I. S. 247.

Beschreibung eines Spiegelsextanten ingl. einer neuen Abänderung des Meßtisches, wie auch eines ganz neuen Meßtisches und des sogen. Scheibeninstrumentes. Augsburg 1774. *A. D. B.* 25. Band. I. S. 246.

Beschreibung eines neu verfertigten und besonderen Planisphärii Astrognostici Aequatorialis. Augsburg 1775. *A. D. B.* 29. Band. I. S. 210.

Kurze Beschreibung der neu abgeänderten und mit mehreren Zusätzen versehenen Camera obscura. Als eine Zugabe zu der Anno 1769 herausgegebenen Beschreibung einer Camera Obscura. Augsburg 1775. *A. D. B.* 26. Band. II. S. 506.

Anweisung zum Gebrauch des neuen Elektrophors. Regensburg 1776.

Beschreibung des neu verfertigten Spiegelquadranten nach Hadleys Theorie mit einem Artificalhorizont. Eben dessen Beschreibung der Reduktionsscheibe, mit welcher man sehr leicht die wahre Zeit aus der mittleren und umgekehrt bestimmen kann.

Eben desselben Nachricht von einer neuen Art „Senkwage“ (Araeometer).

Eben desselben kurzer Unterricht zu dem Gebrauch des Elektrophors. Augsburg 1777. *A. D. B.* 34. Band. II. S. 480.

Beschreibung eines magnetischen Declinatorii und Inclinatorii und dioptrischen Sonnenquadranten zur Bestimmung der Meridiane. Augsburg 1779. *A. D. B.* 41. Band. II. S. 543.

Beschreibung eines geometrischen Instruments in Gestalt eines Proportionalzirkels, welcher in allen Fällen der Feldmeßkunst leicht und gut zu gebräuchen ist; nebst angehängter Beschreibung eines Systems von Maßstäben (2. Aufl. Augsburg 1780. Rezensiert in Nürnbergs gelehrt. Zeitschrift 1780. S. 591.

Beschreibung eines neu erfundenen Distanzmessers aus einer Station für Artilleristen. Augsburg 1781. Rezensiert in Nürnbergs gelehrt. Zeitschrift 1782. S. 170.

Beschreibung dreier Camerae obscurae, desgleichen eines Microscopii solare portatile. Augsburg 1792. 2. Aufl.

J. H. Lambert deutscher gelehrter Briefwechsel. Herausgegeben von J. Bernoulli. Berlin 1783.

G. F. Brander, Beschreibung der verschiedenen Teilungsmethoden auf Glas. Handschriftensammlung der K. Staatsbibliothek in München. cod. germ. 3787. (vom Jahre 1780.)

G. F. Branders Briefe an Professor P. Goldhover in Polling. K. Staatsbibliothek. cod. germ. 2939.

Ch. C. Hoeschel, Nachricht von dem katoptrischen Zirkel als eine Zugabe zu der 1777 herausgegebenen Beschreibung des Spiegelquadranten nach Hadleys Theorie von G. F. Brander. Augsburg 1783.

Ch. C. Hoeschel, Beschreibung eines Winkel- oder Scheibeninstruments, welches auch bei größeren Landesvermessungen die größte Genauigkeit leistet. Augsburg 1794.

Ch. C. Hoeschel, Beschreibung seiner bei ihm verfertigten mechanischen und mathematischen Instrumente. Augsburg 1797.

Abhandlungen, die von der K. Dänischen Gesellschaft den Preis (1778) erhalten haben. Copenhagen 1781.

J. H. Lambert, Beschreibung und Gebrauch der logarithmischen Rechenstäbe. Augsburg 1761.

J. H. Lambert, Kurz gefaßte Regeln zu perspektivischen Zeichnungen vermittels eines Proportionalzirkels. Augsburg 1768.

J. H. Lamberts Anmerkungen über die Branderschen Mikrometer von Glas. Augsburg 1769.

J. H. Lambert, Beyträge zum Gebrauche der Mathematik. 1. Teil. Berlin 1765. 2. Teil. Berlin 1770 3. Teil. Berlin 1772.

J. H. Lambert, Hygrometrie. Augsburg 1774.

J. v. Muschenbroek, Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe. Aus dem Französischen übersetzt von M. J. Ch. Thenn. Augsburg 1765.

Jos. Spengler, Optik, Katoptrik und Dioptrik. Augsburg 1775.

Abr. Gott. Kästner, Vollständiger Lehrbegriff der Optik. Altenburg 1755.

J. Chr. Hertel, Richtige Anweisung reflektierende Telescopia nach Gregorian'scher und Newton'scher Art sammt Spiegeln und Gläsern zu verfertigen. Halle 1747.

Joh. Tob. Mayer, Gründlicher Unterricht zur praktischen Geometrie. 1. Teil. Göttingen 1792. 2. Teil 1793. 3. Teil 1795.

Dr. Friedr. Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunst. Halle 1794.

Joh. Leon. Rost, Astronomisches Handbuch. Nürnberg 1726.

de la Laude, Astronomie. Paris 1764.

Nicolai Bion, Mathematische Werkschule. Ins Deutsche übersetzt, bei der 4. Auflage vermehrt von J. G. Doppelmayer, Nürnberg 1741.

Daniel Ekström, Beschreibung eines Wasserpasses. Befindet sich im V. Band der Abhandlungen der K Schwedischen Akademie der Wissenschaften auf das Jahr 1743. Aus dem Schwedischen übersetzt von A. G. Kästner. Hamburg 1751.

Joh. Leon. Späth, Abhandlung zur Berechnung des Grades der Genauigkeit, mit welcher auf einem Mauerquadranten nach J. Birds und G. F. Branders Methode die Abteilung der Theilkreyse vollführt werden kann. Leipzig 1788.

J. G. Geißler, Über die Bemühungen der Gelehrten und Künstler, mathematische Instrumente einzuteilen Dresden 1792.

Jos. Bullinger, De Altitudine Poli. Ingolstadt 1767.

P. Caes. Amman, Quadrans astronomicus novus descr. et exam. in specula urania ingolstadtensis. Augsburg 1770.

Chr. Mayer, Pantometrum Paceccianum calculis et observationibus examini subjectum. Mannheim 1769.

Neue vermehrte Welperische Gnomonica. Nürnberg 1708.

Dr. Arwed Fuhrmann, Geschichtliche Entwicklung der Geodäsie. Civilingenieur 1877.

Prof. Nagel, Zur Literatur der Geodäsie. Civilingenieur 1877.

Dr. M. v. Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde. Stuttgart 1890. 7. Auflage.

Akademische Rechnungen. K. Staatsbibliothek cod. germ. 3257.

Briefe der Akademie. Brandersche Briefe.

Jak. Langenbucher, Beschreibung einer verbesserten Elektrisiermaschine. Augsburg 1780.

Augsburger Intelligenzblätter. Jahrgänge 1777—79.

Münchener gelehrte Anzeigen.

Zum biographischen Teil meiner Arbeit dienten mir folgende Werke als Unterlage:

Adelung. Band 5. S. 2202.

Allgemeine deutsche Biographie.

Bouginé, Handbuch der Literaturgeschichte. Band III. S. 686. Zürich 1789.

Paul v. Stetten, Augsburgs Kunst- und Handwerksgeschichte. 1. Band. S. 177. II. Band. S. 59.
Nicolai, Reisebeschreibungen. 3. Ausgabe. Band 8. S. 42.
Veith, Bibliotheca Augustana. Alph. X, p. 8—14. Alph. XII, p. 186.
Meusel, Gelehrtes Deutschland.
Meusel, Lexikon deutscher Schriftsteller. 1. Band. S. 551—53.
Meusel, Miscellanen. 17. Heft. S. 317. 1783.
Poggendorff, Biographisch-Literarisches Handwörterbuch. Leipzig 1858.
Stadtarchiv Augsburg.
Baader, Gelehrtes Bayern. Nürnberg 1804. S. 130.
G. v. Zapf, Augsburger Bibliotheken. Augsburg 1795. 2. Band. S. 875.

Die beiden letzten Schriftsteller geben an, daß Rektor Mertens vom Gymnasium St. Anna in Augsburg eine Biographie von Brander verfaßt habe, die nicht gedruckt worden ist. Mertens war Bibliothekar der Stadtbibliothek Augsburg. Meine Nachforschungen an der k. Staatsbibliothek, der kgl. Universitätsbibliothek in München, der Stadtbibliothek Augsburg, der Bibliothek des Historischen Vereins für Schwaben und Neuburg, dem Augsburger Stadtarchiv, dem Gymnasium St. Anna, dem Collegium St. Anna und eine Anfrage beim Auskunftsbureau der deutschen Bibliotheken in Berlin waren erfolglos, so daß ich annehmen muß, daß diese Handschrift entweder verloren gegangen ist oder in einer Privatbibliothek verborgen liegt.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	5
Überblick über Branders Leben	7
Die Mikrometer auf Glas	9
Beschreibung der Teilmaschinen zu gradlinigen Teilungen	11
Beschreibung der Branderschen Kreisteilmaschine	14
Teilungen auf Messing	15
Branders Teilmethode durch Übertragung mit dem Zirkel	15
Die Winkelmeßinstrumente mit geradliniger Teilung.	
Der Dioptrische Sektor	17
Der Spiegelsextant	18
Der amphidioptrische Goniometer	19
Schiebetachymeter	20
Die Winkelmeßinstrumente mit kreisförmiger Teilung.	
Kippregeln	21
Meßtische von 1767, 1772, 1774.	
Der dreispitzige Zirkel	23
Teilung am Spiegelquadranten	24
Das Scheibeninstrument	25
Die optische Beschaffenheit der Branderschen Meßinstrumente	26
Das Polymetroscopium dioptricum	28
Die Kippregeln	28
Distanzmeßfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld	29
Der dioptrische Sektor	31
Der Spiegelsextant	32
Das Nivellierinstrument	32
Die dioptrischen Fernrohre	34
Die amphidioptrischen Fernrohre	35
Mikroskope (einfache)	36
Zusammengesetzte Mikroskope	38
Disanzmesser ohne Latte	40
Achromatische Fernrohre	41
Spiegelteleskope	42
Die Luftpumpen	43
Die hydrostatische Wage	43
Thermometer	44
Barometer	45
Hygrometer	45
Manometer	46
Hietometer	46
Eudiometer	46
Elektrische Apparate	47
Deklinatorien und Inklinatorien	47
Zusammenstellung der im Branderschen Institut verfertigten Instrumente mit Preisverzeichnis und Literaturangaben	47
Verzeichnis der bei meiner Arbeit verwendeten Werke	53